

Ein universelles Überwachungs- und Automatisierungssystem für kern- und teilchenphysikalische Experimente

vorgelegt

von

Rainer Besold

aus

Nürnberg

*Diss
Erlangen*

1985 № 199



Digitized by the Internet Archive
in 2026

EIN UNIVERSELLES ÜBERWACHUNGS- UND AUTOMATISIERUNGSSYSTEM

FÜR KERN- UND TEILCHENPHYSIKALISCHE EXPERIMENTE

Den Naturwissenschaftlichen Fakultäten
der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg

zur

Erlangung des Doktorgrades

vorgelegt von

Rainer Besold

aus Nürnberg

Als Dissertation genehmigt von den Naturwissenschaftlichen
Fakultäten der Universität Erlangen-Nürnberg

Tag der mündlichen Prüfung: 8. März 1985

Vorsitzender der Promotionskommission:

Professor Dr. K. Brodersen

Erstberichterstatte: Professor Dr. A. Hofmann

Zweitberichterstatte: Professor Dr. F. Hofmann

INHALTSVERZEICHNIS

Zusammenfassung

1. Einleitung	1
2. Überwachung physikalischer Impulselektronik.	3
2.1. Problemstellung in der Experimentiertechnik.	3
2.2. Vergleich mit dem industriellen Qualitätswesen	4
2.3. Testverfahren.	6
2.3.1. Einsatz von Testimpulsen	9
2.3.2. Einsatz von natürlichen Impulsen	10
2.3.3. Vergleich der Testverfahren.	11
2.4. Anforderungen an ein automatisches Überwachungssystem	12
2.5. Aufgabenbereiche eines Überwachungssystems	16
3. Entwicklungswerkzeuge.	19
3.1. Der Mikrorechner	19
3.2. Die Programmierungsumgebung.	21
3.3. Die Spezifikationsmethode.	23
3.3.1. Beschreibung der Spezifikationstechnik	24
3.3.2. Erweiterungen des Anwendungsbereichs	27
4. Überwachung durch Aufnahme digitaler Impulse	31
4.1. Anwendungsbereich.	31
4.2. Das Zählratenmonitorsystem	33
4.2.1. Das Überwachungsprogramm	33
4.2.2. Auszug aus der Spezifikation	40
4.2.3. Eingabe der Testparameter.	41
4.3. Einsätze des Zählratenmonitors	42
4.3.1. Experimente am Erlanger Tandem	42
4.3.2. Das Experiment PS185 am CERN	45
5. Überwachung analoger Signale	49
5.1. Anwendungsbereich.	49
5.2. Softwarekomponenten.	50
5.3. Auszug aus der Spezifikation	51

5.4. Einsätze der Analogüberwachung	53
5.4.1. Das Pionenstreuexperiment am SIN	53
5.4.2. Das Riesenresonanzexperiment am KfK.	55
6. Aktive Überwachung mit generierten Testimpulsen. . . .	57
6.1. Regelung des Zeitverhaltens mit einem Delay.	57
6.1.1. Testverfahren und Aufgabenbereich.	57
6.1.2. Das Regelprogramm.	58
6.1.3. Einsatzbereich	59
6.2. Stabilisierung mit Leuchtdiodenpulsen.	59
6.2.1. Testverfahren.	60
6.2.2. Aufgabenbereich des Regelprogrammes.	62
7. Automatisierung von Messverfahren.	64
7.1. Allgemeine Gesichtspunkte.	64
7.2. Vermessung des Beschleunigerstrahls.	65
7.2.1. Wobbling am SIN.	65
7.2.2. Wobbling im Experiment PS185	68
7.3. Targetscan im Experiment PS185	72
7.4. Zeitscan im Experiment PS185	75
7.5. Strahlstabilisierung mit Zählraten	76
8. Erfahrungen und Ergebnisse	79
8.1. Die Werkzeuge.	79
8.1.1. Der Mikrorechner	79
8.1.2. Die Programmiersprache	81
8.1.3. Die Spezifikationsmethode.	81
8.2. Erfahrungen aus den Einsätzen.	82
9. Ausblick	85
10. Literaturverzeichnis	88

AN H A N G :

A. Gliederungsgerüst für eine Spezifikation	91
--	-----------

B. Neuentwicklungen der Prozesshardware	99
B.1. Neue Geräte für den Zählratenmonitor	99
B.2. Neuentwicklungen für den Analogüberwacher.	102
B.3. Neuentwicklungen für die Zeitüberwachung	103

L I S T E D E R A B B I L D U N G E N

2-1 Schematische Darstellung eines Koinzidenzaufbaus . . .	6
2-2 Schematische Darstellung der Aufgabengebiete	16
3-1 Hardwareaufbau des Mikroprozessorsystems	20
3-2 Graphische Symbole der Strukturierungselemente	24
3-3 Graphische Symbole in der Ablaufsteuerung.	25
3-4 Mögliche Kanten.	26
3-5 Ablaufsteuerung eines Zählerbausteins.	28
3-6 Graphisches Symbol eines Makros.	30
4-1 Schematische Darstellung des Aufbaues eines KZZ/LZZ. .	34
4-2 Zeitlicher Ablauf eines Superzyklus.	36
4-3 Kommunikationsdiagramm des Überwachungsprogrammes. . .	39
4-4 Schneller Triggerkreis	43
4-5 Langsamer Spektroskopiekreis	44
4-6 Detektoraufbau des Experiments PS185	46
4-7 Targetregion (Detail 1 in Fig. 4-6).	46
5-1 Kommunikationsdiagramm des Analogüberwachungsprogrammes	52
5-2 Detektoranordnung der Winkelkorrelationsmessung. . . .	54
6-1 Verstärkungsschwankungen eines NaJ-Detektors	61
6-2 Spektrum mit eingespeister Ledlinie.	62
7-1 Aufbau des am SIN eingesetzten Wobblers.	66
7-2 Spektrum des Wobblers.	67
7-3 Aufbau des Wobblers.	68
7-4 Schematischer Aufbau zur Strahlprofilmessung	69
7-5 LEAR-Strahlprofil am Ort des Targets von PS185	71
7-6 LEAR-Strahlprofil 22 cm strahlabwärts.	71
7-7 Schematischer Aufbau zum Targetscan.	73
7-8 Plot eines Targetscans	74
7-9 Intensität des LEAR-Strahls über einen Spill	75
7-10 Schematische Darstellung des Strahlstabilisators. . .	77

7-11 Strahlposition in Abhängigkeit von der Zählzeit . . .	78
B-1 64 zu 1 Multiplexer.	100
B-2 Beamdisplay für das Experiment PS185	101

Zusammenfassung

Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich mit der Entwicklung eines automatischen Überwachungssystems für Impulselectronik, wie sie in der Kern- und Teilchenphysik verwendet wird. Diese Elektronik lässt sich in einen Analog- und einen Digitalteil zerlegen, wobei bei den digitalen Signalen ausser der Zählrate noch die Zeitbeziehung zweier Impulse interessiert. Ausgehend von allgemeinen Testverfahren wurde für jede Gruppe ein spezielles Überwachungsverfahren entwickelt und realisiert. Für die Digitalseite ist dies ein Zählratenmonitorsystem, das in der Lage ist, an insgesamt 160 Messtellen Zählraten aufzunehmen und auf ihre zeitliche Konstanz zu prüfen. Im Analogteil werden vom Experimentator ausgewählte Linien in mehreren Spektren überwacht. Die Zeitbeziehungen können von einem automatischen Regelsystem stabilisiert werden. Die Ergebnisse der Überwachung werden jeweils an den Datenaufnahmerechner weitergereicht. Zur Durchführung der Überwachung wurde ein Z80 - Mikrorechnersystem auf ECB-Bus-Basis mit der Prozessprogrammiersprache PEARL ausgewählt. Der Rechner verfügt über eine Vielzahl von Prozessschnittstellen, die in der physikalischen Experimentiertechnik eingesetzt werden können.

Dieser Mikrorechner eignet sich ausser zur Überwachung der Elektronik auch zur Automatisierung von Messverfahren und zur Steuerung peripherer Prozessgeräte. So wurden Messprozeduren automatisiert, in denen mehrere Geräte synchronisiert oder gesteuert werden mussten. Dadurch eröffnet sich für den Physiker die Möglichkeit, sich intelligente Messwerkzeuge selbst zu erstellen und Ergebnisse durch die Rechnersteuerung zu erhalten, die sonst nicht bzw. nur mit erheblichen Aufwand zu gewinnen wären.

Das Überwachungssystem und die automatischen Messverfahren haben sich in mehreren Experimenten auch an auswärtigen Instituten (CERN, SIN) bewährt. Die gewonnene Information über das Umfeld der Datenaufnahme und den jeweils aktuellen Betriebszustand der Messelektronik stellt eine weiter abgesicherte und präzisere Interpretation der Experimentdaten sicher.

1. Einleitung

In kern- und teilchenphysikalischen Experimenten ist ein steter Trend zu komplizierteren Anordnungen festzustellen. Sie umfassen meist mehrere Detektorsysteme, die verschiedenste Arten von Informationen liefern (Energie, Zeit, Teilchenspuren, usw.). Diese Informationen werden dann in umfangreichen Elektronikaufbauten weiterverarbeitet und fliessen Rechnern zu, die die Messdaten aufnehmen. Die zunehmende Komplexität solcher Anordnungen erschwert die Überwachung und Kontrolle des Experiments beträchtlich. Sie ist durch die Experimentatoren nur bruchstückhaft durchführbar. Fehler in den Detektoren oder Elektronikbausteinen werden oft nicht während der Datenaufnahme erkannt, sondern erst in einer späteren Auswertung (oder gar nicht) festgestellt. Verlust teurerer Experimentierzeit ist eine der Folgen, Fehlmessungen bzw. -interpretationen eine andere.

Die Kontrolle eines solch komplexen Experiments bedeutet für die Experimentatoren eine umfangreiche Protokollführung. Ausserdem bereitet es Schwierigkeiten, aus den der Elektronik direkt entnehmbaren Daten aussagekräftige Kontrollinformation zu gewinnen. Diese Daten müssen meist weiter ausgewertet werden, um auf eine fehlerfreie Funktion der Einzelkomponenten schliessen zu können. Zum Zwecke der Früherkennung von Fehlern, schon während der Datenaufnahme, soll in dieser Arbeit ein universelles Überwachungssystem vorgestellt werden, das zum Ziel hat, bestimmte Fehler in der Nachweiselektronik rechtzeitig festzustellen und dem Experimentator Hilfestellung bei ihrer Beseitigung zu geben. Für die Überwachung der gesamten Anordnung wird als Sensor die Experimentierelektronik verwendet. Das System basiert auf einem Z80-Mikrorechner und einem Realzeit-Software-Paket. Der Mikrorechner erledigt Aufgaben, wie Registrieren von analogen und digitalen Signalen, Regelarbeiten und Steuerung externer Geräte.

Der Überwachungsrechner wird als weitere Komponente in das Experiment integriert und ergänzt den Datenaufnahmerechner. Der Mikrorechner soll das Experiment begleitende Grössen erfassen und in komprimierter Form an den Datenaufnahmerech-

ner übermitteln. Diese Daten werden vom Mikrorechner aus einer Datenmenge gewonnen, die der Datenaufnahmerechner nicht noch zusätzlich aufnehmen und analysieren könnte oder sollte. Die zusätzliche Belastung würde die Vernachlässigung einer der beiden Aufgaben zur Folge haben. Ausserdem gewinnt der Mikrorechner seine Information an den Stellen in der Elektronik, an denen die Datenmenge noch nicht reduziert ist und deswegen noch mehr Information zur Fehlererkennung der Anordnung enthält, als der durch die Elektronik herauspräparierte Teil der Datenmenge, die dem Datenaufnahmerechner zufließt.

Ausser zu Überwachungsaufgaben kann der Mikrorechner auch zur Automatisierung von Messverfahren herangezogen werden. Damit können die Datenaufnahme begleitende Messungen durchgeführt werden. Typische Anwendungsfälle liegen in der Steuerung bzw. Synchronisation mehrerer im Messablauf benutzter Geräte.

2. Überwachung physikalischer Impulselektronik

Eine zusammenfassende Darstellung des Rechnereinsatzes in der Kernphysik wird in /SACH79/ gegeben. In /HOHO79/ ist eine ähnliche, allgemeinere Zusammenstellung der Labordatenverarbeitung zu finden. Neben dem klassischen Gebiet der Messwerterfassung werden auch andere Anwendungen geschildert, wie z.B. die Steuerung physikalischer Experimente. Hinweise auf Überwachung finden sich in /SACH79/ nicht. Sie wird aber in /HOHO79/ als Notwendigkeit erachtet.

In diesem Kapitel werden zunächst die Problemstellung in der physikalischen Experimentiertechnik geschildert, ein Testverfahren vorgestellt und schliesslich die Anforderungen an ein automatisches Überwachungssystem abgeleitet.

2.1. Problemstellung in der Experimentiertechnik

Die Überwachung bzw. Kontrolle des Experiments wurde bisher weitgehend manuell von den Experimentatoren durchgeführt. Dazu wurden z. B. Zählraten aufgenommen, im Protokollbuch eingetragen und mit den früheren Einträgen verglichen. Oder es wurden Spektren mit einem Vielkanalanalysator aufgenommen und die zeitliche Konstanz des Schwerpunkts einiger Linien überprüft. Ein Fehler lag dann vor, wenn sich an einem der Testpunkte der entsprechende Wert nicht reproduzieren liess. Experimentüberwachung heisst also, ständig oder stichprobenartig auf Abweichungen vom einem als gut befundenen Anfangswert zu prüfen. Soll dabei der Zusammenhang zwischen den Messgrössen reproduzierbar sein, liegt es nahe, diese in einer definierten, wiederholbaren Folge abzufragen. Daraus resultiert ein periodisches Abarbeiten eines Mess- und Prüfprogrammes (Zyklus). Nun können innerhalb eines solchen Zyklus für häufig zu prüfende Messgrössen Unterzyklen günstig sein, so dass sich für die übergeordnete Struktur der Name Superzyklus anbietet. Die stichprobenartige, periodische Prüffolge weisst allerdings einen Nachteil auf. Fehler, die

mit der Prüfperiode auftreten, werden nicht erkannt. Dies liesse sich durch eine wahllose Folge umgehen, die zu entkoppelten Zeiten führt.

Die Überwachung versucht, durch Aufnahme weiterer Messgrößen die Bedingungen festzuhalten, unter denen die Messung der Experimentdaten stattfindet. Der Anfangs- oder Sollwert, der zur Orientierung für die folgenden Werte dient, wird von den Experimentatoren nach der Aufbau- und Einstellphase definiert, wenn der Apparat richtig arbeitet. Anhand dieses Sollwertes wird mit der Überwachung die Konstanz der Bedingungen überprüft und bei etwaigen Abweichungen eine entsprechende Fehlerreaktion ausgeführt.

Mit einer Zunahme der Komplexität der Apparatur wächst auch die Anzahl der Testpunkte, die der Experimentator zu prüfen hat und eine Überwachung wird immer schwieriger durchführbar. Da sich die Messabläufe an den Testpunkten wiederholen, liegt es nahe, dem Experimentator ein automatisches Kontroll- und Überwachungssystem zur Seite zu stellen.

Die in der physikalischen Experimentiertechnik verwendeten Aufbauten bestehen aus Einzelkomponenten wie z.B. Verstärker, Diskriminatoren, Detektoren, Koinzidenzeinheiten, etc.. Diese modulare Technik impliziert, in einer automatischen Überwachung Funktionen vorzusehen, die solche Einzelkomponenten auf korrekte Arbeitsweise prüfen. Aus Gründen möglichst weitgehender Flexibilität des Überwachungssystems kann sich dessen Fehlerreaktion beim Erkennen einer Sollwertabweichung auf das Informieren des Physikers beschränken. Die Interpretation des Fehlerbildes und das Herausfinden der Ursache kann nur vom Physiker selbst anhand seines, bereits in der Definition des Sollwertes eingeflossenen Hintergrundwissens durchgeführt werden.

2.2. Vergleich mit dem industriellen Qualitätswesen

Vergleicht man die Anforderung an die Überwachung von physikalischen Experimenten und das Qualitätswesen der Industrie, so findet man eine Reihe von Ähnlichkeiten. So entspricht z.B. der Fertigung eines industriellen Produktes die Durch-

führung und Auswertung einer Messung.

Zum Qualitätswesen in der industriellen Fertigung gehören alle organisatorischen und technischen Aktivitäten unter Berücksichtigung der Wirtschaftlichkeit, um die Produktqualität sicherzustellen. Es gliedert sich in

- die Qualitätsprüfung:

- Festlegen der Qualitätsziele
- Spezifizieren der Qualitätsmerkmale
- Auswahl der Prüfmittel
- Schulung des Prüfpersonals

- die Qualitätssicherung:

- Planung und Ausführung der Prüfung
- Weiterverarbeitung der Prüfergebnisse

- die Qualitätskostenerfassung:

- Analyse und Verarbeitung der im Qualitätswesen anfallenden Kosten

Zur Qualitätssicherung werden im Fertigungsbereich oft mathematisch statistische Vorgehensweisen angewandt. Setzt man voraus, dass die zu beurteilenden Erzeugnisse unter sehr ähnlichen Bedingungen entstehen, so kann aus den Ergebnissen weniger Prüflinge (Stichproben) auf die Gesamtheit (Los) geschlossen werden. Die Prüfergebnisse können entweder am laufenden Fertigungsprozess gewonnen werden und so zu einer Beeinflussung des vorliegenden Loses führen oder bei einer späteren Beurteilung des Loses verwendet werden, um Anhaltspunkte für eine Qualitätsverbesserung zu erhalten.

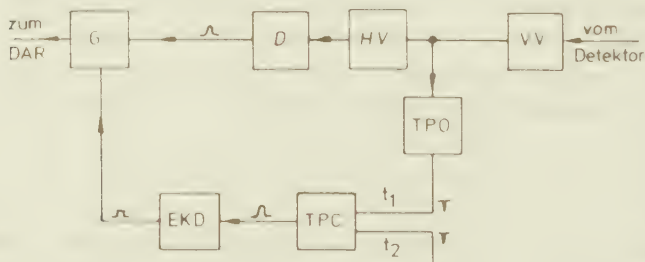
Die Beurteilung eines Loses durch die pauschale Aussage 'gut/schlecht' richtet sich nach dem Stichprobenumfang und der maximal zulässigen Fehlerzahl.

Eine andere Möglichkeit der Qualitätskontrolle ist die ständige Durchführung von Tests, also die Feststellung, ob bestimmte, als Messgrößen erfassbare Eigenschaften eines Gegenstandes, des Prüflings, innerhalb vorgegebener Schranken liegen. Durch die quantitative Angabe einer Sollwertabweichung können schlechte Teile aussortiert werden, und die Qualitätskontrolle ist Teil des Produktionsprozesses geworden.

Ein grundlegender Unterschied liegt allerdings in der Vorgabe des Sollwertes. Während dieser in der Industrie durch die Eigenschaften des Produktes vorgegeben wird, ist er in der Physik à priori unbekannt, denn die Eigenschaften des Produktes, also das Ergebnis der Messung, ist Ziel der Forschung. Die experimentellen Aufbauten werden meist nur einmal - zur Durchführung dieser spezifischen Messung - zusammengestellt und eingestellt. Nach erfolgter Einstellung definiert der durchführende Physiker den Apparat als richtig arbeitend - der Sollwert ist vorgegeben.

2.3. Testverfahren

Wie oben erwähnt, wird zur Überwachung der Messanordnung die Experimentierelektronik als Sensor benutzt. Die Elektronik ist aus Einzelkomponenten aufgebaut, sodass sich die Verfahren zur Durchführung der Tests mit den Komponenten dieses Sensors befassen müssen. Mögliche Fehler, die in diesen Bausteinen auftreten können, sollen, ausser einer vollständigen Funktionsuntüchtigkeit, im folgenden anhand eines Beispiels näher erläutert werden. Anschliessend werden Testverfahren zur Erkennung solcher Fehler angegeben.



Figur 2-1: Schematische Darstellung eines Koinzidenzaufbaus

Als typisches Element eines kernphysikalischen Experiments (z.B. eines Strahlexperiments) kann der in Figur 2-1 dargestellte vereinfachte Zweig eines Koinzidenzaufbaus angesehen werden. Dort wird häufig mit einer schnellen Koinzidenzschaltung durch Steuerung einer Torstufe die Energieinformation gefiltert.

Der dargestellte Zweig enthält nach dem Detektor einen Hauptverstärker (HV) mit Verzögerung (D), ein Zeitabgriffsglied (TPO), wie z. B. Diskriminatoren, eine Koinzidenzeinheit (TPC und EKD) und eine Torstufe (G). Die Koinzidenzeinheit kann ein TPC (Time to Pulse Height Converter) mit nachfolgendem Fensterdiskriminator oder eine Coincidence-Unit (schnelles Und-Gatter) sein.

An dieser Stelle sei darauf hingewiesen, dass in dieser Arbeit die Diskussionen, die sich mit den Zeitbeziehungen zwischen zwei Signalen befassen, stellvertretend am Beispiel des TPC's geführt werden. Sie sind sinngemäss auf die moderneren TDC's (Time to Digital Converter) übertragbar.

In Wirklichkeit sind solche Teile mehrfach vorhanden. Typische Fehler, die in dieser Nachweiselektronik auftreten, sind:

- a) Änderung der Verstärkung
- b) Änderung der Schwellen bei Diskriminatoren
- c) Änderung des Zeitverhaltens
- d) Lastabhängige Zählratenverluste

Um Fehler in der Nachweiselektronik feststellen zu können, gibt es zwei Klassen von Impulsen. Erstens gibt es die von der Kernreaktion stammenden "natürlichen" Impulse. Diese Impulse sind die, die bei den manuellen Tests bisher verwendet wurden. Um aber ein Gerät auf eine einwandfreie Funktion testen zu können, ist eine weitere Klasse, die von aussen zusätzlich in die Elektronik eingespeisten Testimpulse, oft unumgänglich. Bei Verwendung der natürlichen Impulse für Testzwecke ist die Beeinflussung des Experiments geringer als bei Einpeisung von Testpulsen. Testpulse bewirken nicht nur eine weitere Belastung der Elektronik, sondern müssen

auch in ihrer Höhe oder Zeitbeziehung so ausgewählt werden, dass sie später in der Auswertung von den interessierenden Daten separierbar sind. Desweiteren beinhaltet die Verwendung von Testimpulsen für den Überwachungsrechner die Produktion dieser Impulse. Dies könnte z.B. durch Steuerung eines Funktionsgenerators erreicht werden.

Um die Beeinflussung möglichst gering zu halten, liesse sich daran denken, die Messung während der Durchführung eines Testlaufes abzuschalten (im folgenden "offline" genannt, ohne Abschaltung "online"). Darunter soll verstanden werden, dass die Impulsregistrierung bei den Detektoren abgetrennt wird und an deren Stelle die Testimpulse in die Elektronik eingekoppelt werden. Die eingespeisten Testimpulse simulieren die sonst aus den Detektoren kommenden Impulse. Mit entsprechender Parametrisierung dieser Testimpulse kann der Test der Elektronik durchgeführt werden. Allerdings können dann lastabhängige Zählratenverluste nur bedingt getestet werden und teure Experimentierzeit würde wegen der Tests verloren gehen.

Setzt man die natürlichen Impulse zum Test ein, so stellt sich bei Strahlexperimenten ein zusätzliches Problem. Um zwei Werte miteinander vergleichen zu können, müssen sie auf die Primärstrahlintensität bezogen werden. Dies ist in vielen Fällen nicht nur durch die Normierung auf den als Referenz genutzten Strahlstrom zu erledigen. So ist z.B. die durch die Bestrahlung des Targets oder der Blenden erzeugte Untergrundaktivität zu beachten.

Um den wechselten Anforderungen verschiedener Experimente gerecht zu werden und trotzdem ein an ein spezielles Experiment gut angepasstes Überwachungssystem erreichen zu können, scheint ein vom Anwender programmierbares System zur Durchführung der Tests unumgänglich.

Im folgenden werden die Testverfahren zunächst für die Testimpulseinspeisung und anschliessend die Testverfahren bei Verwendung der natürlichen Impulse genauer beschrieben.

2.3.1. Einsatz von Testimpulsen

Eine Überprüfung der oben genannten Grössen erfolgt durch einen Ist-Soll-Vergleich der erzeugten und der registrierten Testsignale. Im Einzelnen bedeutet dies:

Die Verstärkung kann auf zeitliche Konstanz und Linearität überprüft werden. Offline kann dies durch kontinuierliche Variation der Impulshöhen im Verstärkungsbereich erfolgen. Online dürfte man bei Linienspektren hierfür kaum mehr als drei Testpulshöhen zur Verfügung haben. Eine Auswahl dieser Testpulshöhen kann nur interaktiv durch Beobachtung der Experimentspektren und Einfügen der Testpulshöhen/linien in "freie" Bereiche der Spektren erfolgen.

Die Schwellen werden auf zeitliche Konstanz und bei Fensterdiskriminatoren auf die Breite des Fensters geprüft. Die Testimpulshöhen müssen hier um die Schwelleneinstellung(en) variiert werden. Dazu muss eine Anzahl von eingespeisten Pulsen unter der unteren Schwelle und über der obereren Schwelle von den Diskriminatoren unterdrückt werden, d.h der Rechner darf an deren Ausgang nichts zählen. Innerhalb des Fensters muss der Rechner genau diese Anzahl wieder registrieren. Dies ist ohne weiteres offline durchführbar. Online muss auch hier versucht werden, die interessierenden Spektren möglichst wenig zu beeinflussen.

Der Test des Zeitverhaltens überprüft die Lage und Breite eines TPC-Fensters. Er verlangt die Erzeugung von zwei Testpulsen einer geeigneten Impulshöhe, hier aber zusätzlich mit definierten Zeitabständen. Zum Test des Fensters müssen vier Einstellungen gewählt werden, die knapp innerhalb bzw. ausserhalb des linken und rechten Endes des TPC-Fensters liegen; zur Prüfung der Linearität und Lage des Fensters müssen mehrere Einstellungen innerhalb des Konversionsbereichs gewählt werden. Der Überwachungrechner erzeugt eine bestimmte Anzahl von Impulsen einer bestimmten Einstellung und muss sie, soweit sie innerhalb des TPC-Fensters liegen, am Ausgang des TPC's zur weiteren Analyse wie Lage der Linie wiederfinden. Abweichungen der Linien lassen auf Verschieben und/oder Verbreitern des TPC-Fensters oder Konversionsbereichs schliessen. Hier bestehen off- und online die glei-

chen Möglichkeiten.

Der Test der Zählratenverluste kann mit Testimpulsen durchgeführt werden, allerdings sollte beachtet werden, dass die zusätzliche Testimpulseinspeisung die aktuelle Zählratenlast der Elektronik beeinflusst und somit das Messverfahren die Messgrösse verfälscht.

2.3.2. Einsatz von natürlichen Impulsen

Unter Benutzung der natürlichen Impulse stellen sich die Testverfahren folgendermassen dar:

Die Verstärkung kann auf zeitliche Konstanz und Linearität getestet werden. Dies ist bei Linienspektren ohne weiteres möglich. Dazu müssen bei Beginn der Messung Linien ausgezeichnet werden, die überwacht werden sollen. Der Überwachungsrechner prüft dann den Schwerpunkt und die Distanzen der Linie(n) im Spektrum.

Die Schwellen können auf zeitliche Konstanz geprüft werden. Um dies zu erreichen, misst der Rechner die Zählrate am Ausgang des Diskriminators. Eine Veränderung der Schwelleneinstellung führt zu einer Veränderung der Zählrate.

Der Test des Zeitverhaltens wird analog dem der Verstärkung durchgeführt, indem das Spektrum am Ausgang des TPC analysiert wird. Hier bietet sich eine weitere Möglichkeit des Tests an, die mit einer Mischung aus natürlichen Impulsen und Testimpulsen arbeitet. Wird online ein definierter Bruchteil, z.B. jeder 1000ste Startimpuls in ein programmierbares Delay verzweigt und der verzögerte Impuls in den Stopzweig eingespeist, so entsteht im natürlichen Zeitspektrum eine oder bei Bedarf auch mehrere neue künstliche Linien, die in der Analyse als Referenz herangezogen werden können. Die Einspeisung der verzögerten Testimpulse kann an beliebiger Stelle geschehen, sodass es möglich ist, ganze Zweige oder nur ein Gerät zu testen.

Der Test der Zählratenverluste kann so erfolgen, dass eine definierte Anzahl von Pulsen geeigneter Energie mit mittlerer Koinzidenzeinstellung vor und nach dem betroffenen

Gerät registriert werden muss.

2.3.3. Vergleich der Testverfahren

Bei einem Vergleich der Verfahren, die Testimpulse verwenden, mit den Verfahren, die mit natürlichen Impulsen arbeiten, fällt ein wesentlicher Unterschied auf. Die Testimpulse sind den natürlichen Impulsen auf elektronischem Weg "nachempfunden". Dadurch ist der Bereich der Überwachung mit den Testimpulsen auf elektronische Geräte beschränkt, während mit den natürlichen Impulsen das gesamte Experiment (einschliesslich Detektoren, Beschleuniger etc.) überwacht werden kann.

Allgemein verlangen Online-Tests mit Testimpulsen immer vorab eine (interaktive) Auswahl von geeigneten Testpulshöhen bzw. Spektrumsbereichen, sowie die Einstellung einer Testpulsfrequenz, die die Testpulse einerseits über das Rauschen erhebt und andererseits die Gesamtzählratenbelastung nicht über Gebühr beeinflusst. Ein weiterer schwierig in den Griff zu bekommender Faktor ist, die Testimpulse den zu simulierenden, echten, Detektorimpulsen soweit wie möglich anzugleichen und nicht mit einem festen Pulsabstand sondern z. B. statistisch einzukoppeln. Die Testimpulse unterscheidet von den natürlichen Impulsen das Signal-zu-Rausch Verhältnis. Während bei Detektoren immer ein gewisser Rauschpegel vorhanden ist, ist das Signal-zu-Rausch Verhältnis eines Pulsgenerators nahezu 1. Diese beiden technischen Faktoren sollten beachtet werden, damit die Tests ein aussagekräftiges Ergebnis liefern. Dies dürfte selbst mit modernen Funktionsgeneratoren nur in bestimmten Bereichen realisierbar sein.

Die oben beschriebenen Testverfahren ergeben bei der Testimpulseinspeisung den Vorteil der i.a. quantitativen Fehlererkennung, während die Testverfahren mit den natürlichen Impulsen meist nur qualitative Ergebnisse liefern. Allerdings sind für die Testimpulseinspeisung die Nachteile der zusätzlichen Last und Minimierung der Beeinflussung mit abzuwägen.

Die Ergebnisse der quantitativen Fehlererkennung müssten sinnvollerweise gleich in eine Korrektur, also Nachregelung (soweit möglich) der verstellten Geräte, umgesetzt werden. Da aber während des Experiments der durchführende Physiker eine möglichst weitgehende Kontrolle über die Einzelkomponenten behalten sollte, können die akzeptablen aktiven Eingriffe in die Elektronik nur einfacherer Art sein. Die dazu existierenden Lösungen werden in Kap. 6. vorgestellt.

Eine andere Möglichkeit, die Komponenten der Elektronik zu qualifizieren, ist die Unterscheidung in Geräte, deren Signale digitale Information tragen und in Geräte, deren Signale Analoginformation tragen. Diese Art der Trennung leitet sich aus dem grundlegend unterschiedlichen Verfahren zum Registrieren dieser beiden Signalformen ab. Zur Registrierung digitaler Signale wird üblicherweise ein Zähler verwendet, während zur Registrierung analoger Signale ein ADC (Analog to Digital Converter) eingesetzt wird. Diese Aufspaltung ist unabhängig vom Einsatz natürlicher Impulse oder von Testimpulsen zur Durchführung der Tests. Deswegen wird bei der späteren Beschreibung des Überwachungssystems unterschieden zwischen Digital- und Analogüberwachung (Kap. 4. und Kap. 5.).

2.4. Anforderungen an ein automatisches Überwachungssystem

Wie in Kap. 1. geschildert, werden die Daten der Elektronik in der Regel an einen Rechner weitergeleitet. Um die oben beschriebenen Testaufgaben zu erfüllen, könnte man daran denken, den Datenaufnahmerechner (im folgenden DAR) für diesen Zweck einzusetzen. Dem widerspricht aber, dass in der Messelektronik durch gezielte Hardwarekoinzidenzen versucht wird, die Triggerrate möglichst auf die eigentlich interessierende Reaktion zu reduzieren, um eine geringe Totzeit bei der Aufnahme zu erreichen. Würde er zusätzlich mit der Registrierung der Überwachungsdaten beschäftigt werden, steigt die Totzeit und der Rechner steht nicht für die Aufnahme der Reaktionsdaten zur Verfügung. Selbst wenn die Rechenleistung des DAR zur Überwachung ausreichen sollte, beinhaltet die

zusätzliche Aufgabe eine weitere Verkomplizierung der ohnehin nicht einfachen Aufnahmeprogramme. Hier zeigt sich ein grundsätzlicher Unterschied der beiden Geräte - der DAR ist schnell und versucht möglichst alle Daten ohne weitere Bewertung zu archivieren, während das Überwachungssystem die Daten auf die für die Auswertung nötige Menge komprimiert. Daraus folgt, dass die Überwachung am besten durch einen weiteren, eigenständigen Rechner ausgeführt werden sollte. Die Daten, die mit diesem Rechner registriert werden, repräsentieren die am Experiment herrschenden Bedingungen und können somit als zusätzliche Messdaten interpretiert werden. Dadurch gewinnt man zwei voneinander verschiedene Datensätze, die miteinander korreliert sind: Die Messdaten des DAR, die zur Kernreaktion gehören und die Überwachungsdaten, die dem Umfeld dieser Kernreaktion zuzuordnen sind. Am deutlichsten wird der Unterschied dieser beiden Datensätze beim Blick auf die zugehörige Zeitstruktur. So wird z.B. eine Verstärkungsänderung eine Zeitkonstante von typisch einigen Sekunden haben, während die Reaktionsrate um mehr als 5 Zehnerpotenzen höher ist. Sinnvollerweise wird man die nun zur Verfügung stehenden Umgebungsbedingungen mit den Messdaten zur späteren Auswertung auf dem gleichem Datenträger archivieren. Sollte eine getrennte Aufzeichnung erfolgen müssen, so muss dafür Sorge getragen werden, dass die Korrelation der Datensätze nicht verloren geht. Beide Verfahren erfordern somit eine Kopplung der beiden Rechner: Entweder, um die neuen Daten zu transferieren, oder um Synchronisationsdaten zu übertragen. Da ein Experiment ohne DAR nicht durchführbar ist, ist es sinnvoll, ein eingesetztes Überwachungssystem an den DAR anzupassen, um die Kopplung zu realisieren. Die Initiative für den Transfer sollte vom DAR ausgehen. Daraus und aus der Tatsache, dass in verschiedenen Experimenten auch verschiedene DAR eingesetzt werden, leitet sich die Forderung nach flexiblen Kommunikationsschnittstellen am Überwachungsrechner ab.

Um nun die Daten an den DAR zu transferieren, kann entweder dieser bei Bedarf die Überwachungsergebnisse anfordern oder die aktuellen Ergebnisse liegen beim DAR oder seiner Peripherie vor, d.h. sie werden permanent als statische Information

angeboten. Die zweite Möglichkeit ist die schnellere, erfordert kein Handshake und somit ist das Risiko einer Verklemmung weit geringer. Solch einer Realisierung der Übertragung kommen die Gegebenheiten einer parallelen Schnittstelle entgegen. Um bei Verwendung einer seriellen Schnittstelle das Ziel permanent präsenter Information zu erreichen, muss am DAR Multitasking möglich sein. Neben dem Aufnahmeprogramm muss ein zweites Programm ausgeführt werden, das die gesendeten Daten in Empfang nimmt, um diese z.B. in einem den beiden Programmen gemeinsamen Pufferbereich abzu legen. Bei der parallelen Schnittstelle wird das jeweils anliegende Bitmuster eingelesen, sodass kein besonderes 'Empfängerprogramm' benötigt wird.

Arbeitet man bei der Übertragung mit der expliziten Anforderung der Überwachungsergebnisse ohne ein Empfängerprogramm, so wird die Datenaufnahme um die u. U. nicht unerhebliche Zeit für die Übertragung verlangsamt.

Die oben beschriebenen Möglichkeiten der Kopplung benutzen die Richtung vom Überwachungsrechner zum DAR. Eine Kopplung in umgekehrter Richtung kann nur bei getrennter Datenarchivierung nötig werden. Eine mögliche Realisierung wäre z.B. eine vom DAR gesendete Information pro Block der Magnetbandaufzeichnung. Wiederum können beide Arten von Schnittstellen benutzt werden.

Aus den oben genannten allgemeinen Aufgaben leiten sich für einen praktischen Einsatz folgende Randbedingungen ab:

- Es sind möglichst wenig neue Geräte zu entwickeln. Sind Neuentwicklungen nötig, sollte man sich an gegebene Standards halten und modular arbeiten z.B. Realisierung als NIM-Einschub.
- Mikrorechner und ihre Peripherie sollten nicht ortsfest installiert werden, um einen Einsatz an auswärtigen Forschungsinstituten zu erlauben ("Reisephysik")
- Zu einem vorgegebenen Aufbau sollte möglichst wenig Test-

ausrüstung benötigt werden.

- Die Überwachungseinrichtung sollte eine Fehlerentdeckung entweder automatisch vornehmen können oder sie dem Experimentator überlassen können. Das Testprogramm muss also jederzeit einen Experimentatoreingriff erlauben.
- Soll der Experimentator Diagnosen über Fehler stellen können, so müssen ihm die Informationen in gewohnter Form dargeboten werden, z.B. durch Spektren auf einem graphischen Bildschirm oder in Form von Kennlinien.
- Bei der Verwendung von Mikrorechnern sollte die Programmierung von ihrem Aufwand und ihrer Schwierigkeit nicht zum zentralen Problem werden. Da nicht alle individuellen Wünsche von einem vorgegebenen Programm zu realisieren sind, sind dem Experimentator Werkzeuge zur einfachen Programmierung zur Verfügung zu stellen (höhere Programmiersprache, modularer Aufbau). Ausserdem sollte eine ausreichende Dienstsoftware zur Verfügung stehen.
- Der eingesetzte Mikrorechner darf nicht zum Engpass des Experiments werden.
- Der preisliche Rahmen für die Überwachungsaufgaben muss dem Experiment angemessen sein.
- Ebenso wie in der Software sollte auch in der Hardware versucht werden, einen modularen Aufbau und somit eine weitgehende Unabhängigkeit von speziellen Experimenten und eine ausreichende Flexibilität zu erreichen.
- In der Software sollte eine weitgehende Portabilität erreicht werden, um mit der schnellen technischen Weiterentwicklung der Mikroprozessoren Schritt halten zu können.

2.5. Aufgabenbereiche eines Überwachungssystems

Setzt man zur Durchführung der Tests der Nachweiselektronik (Mikro-) Prozessrechner ein, so haben sie folgende Aufgaben zu erfüllen:

Zum 'Prozess' hin gerichtet

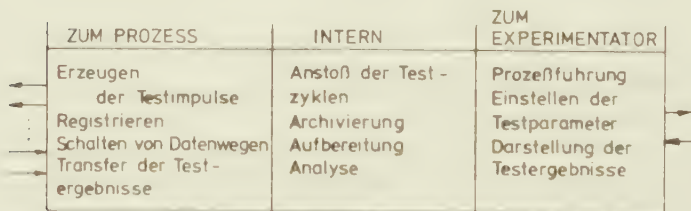
- Erzeugen von Testimpulsen
- Registrieren von (Test-) Impulsen
- Schalten von Datenwegen und Gates
- Transfer der Testergebnisse

Zum Experimentator hin gerichtet

- Einstellen der Testparameter
- Prozessführung
- Geeignete Darstellung der Testergebnisse

intern

- Periodischer Anstoß der Testzyklen
- Archivierung der Testdaten
- Aufbereitung und Analyse der Testdaten



Figur 2-2: Schematische Darstellung der Aufgabengebiete

Die Aufgabengruppierung ist in Fig. 2-2 schematisch dargestellt.

Soll der Mikrorechner auch zur Kontrolle statischer Experimentgrößen eingesetzt werden, müssen entsprechende Schnitt-

stellen (=Messfühler) zum Prozess hin vorhanden sein.

Eine Analyse der in der Überwachung auftretenden Aufgaben ergibt folgende allgemeine Struktur der Programme: Zunächst ist es sinnvoll, eine Trennung der Programme nach den zu bearbeitenden Aufgaben durchzuführen, d.h. es wird Programme geben, die Analogteile und andere, die Digitalteile eines Experimentes überwachen können. Für jedes dieser Aufgabengebiete gibt es wiederum eine Zweiteilung in ein Programm zur Eingabe der Testparameter und eines zur Durchführung der Testläufe. Die im ersten Programm eingegebenen Testparameter werden auf einer Datei auf der Diskette gespeichert und dienen dem zweiten als Eingabe. Diese weitere Trennung hat mehrere Vorteile:

- Es besteht die Möglichkeit, die eingegebenen Testparameter einer intensiven Plausibilitätsprüfung zu unterziehen. Damit sind bereits vor der Durchführung des Tests viele Fehler auszuschliessen.
- Der Testparametersatz kann durch Einlesen eines neuen Parameterfiles schnell gewechselt werden.
- Es bietet sich die Möglichkeit, während der Überwachung (auf einem anderen Mikrorechner) einen neuen Parametersatz zu editieren.
- Das Überwacherprogramm benötigt keine Editierfunktionen, und der dadurch frei gewordene Speicherplatz kann anderweitig genutzt werden. Ausserdem wird das dem Bediener angebotene Funktionsmenü übersichtlicher.
- Nach einer längeren Unterbrechung sind die Testparameter gespeichert und das System ist sofort einsetzbar.

Ausserdem kehren in den einzelnen Überwachungsprogrammen folgende Strukturen wieder:

- Prozessdatenaufnahme/ausgabe
- Analyse der gemessenen Prozessdaten. In diesen Programnteilen werden aus den Rohdaten, die der Prozess liefert, aussagekräftigere Zahlen gewonnen, z.B. durch Normierung auf die aktuelle Strahlintensität oder Totzeitkorrektur

bei AD-Wandlern.

- Testergebnisdarstellung und Dialog mit dem Experimentator. Dem Physiker wird auf seinem Bedienterminal ein Funktionsmenü angeboten, das ihm jederzeit die Prozessführung erlaubt. Auf diesem Schirm werden bei Bedarf auch Testergebnisse und/oder Fehlermeldungen ausgegeben.
- Archivierung der Testergebnisse auf Diskette. Auf der Diskette werden Testergebnisse, ergänzt um Kennsätze, abgespeichert, damit in der Auswertung die Zuordnung von Testergebnissen und Messdaten eindeutig ist.
- Kopplung zum Datenaufnahmerechner. Dem Datenaufnahmerechner werden die Testergebnisse übermittelt. Dieser kann bezüglich der Fortsetzung der Datenaufnahme reagieren und/oder die Daten mit den Experimentdaten z.B. auf Magnetband speichern, damit sie für die spätere Auswertung zur Verfügung stehen.
- evtl. Steuerung externer Geräte. In diesen Teilen werden bei Bedarf Geräte, wie z.B. ein Vielkanalanalysator gesteuert, um dem Überwachungssystem die Möglichkeit zu bieten, auf (z. T. intelligente) Funktionen dieser Geräte zurückgreifen zu können.
- Eine Gatefunktion bei Auftreten eines Fehlers. Damit kann die Datenaufnahme bis zur Korrektur des Fehlers unterbrochen werden.

3. Entwicklungswerkzeuge

Zum Erstellen der automatischen Überwachungseinrichtung waren im wesentlichen drei Werkzeuge auszuwählen: Der Mikrorechner, die Programmiersprache und eine Spezifikationstechnik. Die getroffene Wahl und die Kriterien, die bei der Auswahl eine Rolle spielten, werden in den nächsten Abschnitten näher erläutert.

3.1. Der Mikrorechner

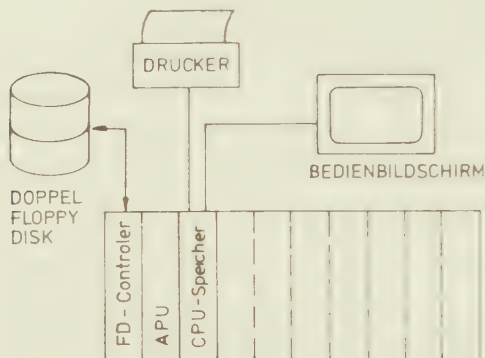
Zur Durchführung der oben skizzierten Testaufgaben und unter Berücksichtigung der genannten Randbedingungen wurde ein Mikrorechner mit dem Prozessortyp Z80 und ECB-Bus (Einfacheuropa-Computer-Baugruppen) eingesetzt. Die Gründe, die für diese Entscheidung sprachen, sind

- Der Mikrorechner ist aus einzelnen Karten im Einfacheuropaformat aufgebaut und somit leicht für ein gegebenes Experiment konfigurierbar.
- Die Leistungsfähigkeit des 8-Bit-Prozessors ist ausreichend.
- Der Prozessor und die Peripherie sind am gleichen Bus gesteckt, sodass keine weiteren Controller bzw. Adapter nötig werden.
- Die Aufbautechnik des Mikrorechners fügt sich nahtlos in die in der physikalischen Experimentiertechnik verwendeten 19 Zoll Systeme ein.

Das Mikroprozessorsystem ist in Fig. 3-1 schematisch dargestellt.

Die Hardware besteht für den eigentlichen Rechner aus drei Karten, der CPU und Speicherkarte, der Disk-Controller-Karte

und der Arithmetikprozessorkarte. An diese Karten sind ein (graphischer) Bedienschild, ein Drucker, sowie zwei 8"-Diskettenlaufwerke angeschlossen. In dem Rahmen verbleiben dann noch 15 weitere frei verwendbare Steckplätze für die Prozessschnittstellen des Experiments.



Figur 3-1: Hardwareaufbau des Mikroprozessorsystems

Durch die Verwendung des Z80, mit 16-Bit Adressbus, ist das direkt adressierbare Speichervolumen auf 64kB begrenzt, ein bis zu 1MB ausgebauter Speicher ist jedoch als RAM-Disk ansprechbar und für schnelle Datenpufferung geeignet. Durch die für diesen Rechner verwendete, modulare Kartenaufbautechnik auf der Basis des ECB-Busses steht ein breites Spektrum von Prozessperipheriekarten zur Verfügung.

Die Schnittstellen der Karten sind leicht an den Einsatz in der physikalischen Experimentiertechnik anzupassen. Dies ist auf die Fälle beschränkt, in denen auf spezielle Eigenschaften der in der Physik üblichen Elektronik eingegangen werden muss. Dies ist der Fall, wenn Experimente mit der schnellen ECL-Logik überwacht werden sollen oder dynamische Analogsignale zu bearbeiten sind. Die zur Gerätesteuerung nötigen Schnittstellen sind ohne Anpassung sofort einsetzbar.

3.2. Die Programmierumgebung

Nach der Auswahl des Mikrorechners ist die Auswahl einer geeigneten Programmiersprache zu treffen. Die entscheidenden Kriterien für die Suche waren

- die Forderung nach parallelen Aktivitäten.
- die Möglichkeit, auf Sprachebene Prozessperipherie ansprechen zu können .
- Unterstützung des Modulkonzepts.
- weitgehende Portabilität der erstellten Software.
- Gute Wartbarkeit der Anwenderprogramme.
- die Möglichkeit, auf Sprachebene auf Interrupts reagieren zu können.
- eine leichte Erlernbarkeit, damit die Experimentatoren die Programme selbst erstellen können.

Wenn man die oben genannten Kriterien auf die gängigen und auf Mikroprozessoren verfügbaren Sprachen anwendet, scheiden viele wegen der Forderung nach parallelen Aktivitäten aus (z.B. FORTRAN, PASCAL, BASIC). Aus Gründen der Portabilität der erstellten Software fällt dann auch noch die Programmiersprache MODULA aus der Reihe der Kandidaten. Die in dieser Arbeit verwendete Sprache, die den oben genannten Forderungen genügt, ist PEARL. Das dazu nötige Programmiersystem wurde im Rahmen eines DFG-Projekts entwickelt. Mit diesem Programmiersystem bieten sich zur Erstellung von PEARL-Programmen zwei Wege. Das Programm kann entweder auf der CYBER des Regionalen Rechenzentrums Erlangen crosscompiliert werden und anschliessend via Rechnerkopplung zum Mikrorechner transferiert werden, oder es wird direkt auf dem Mikrorechner erstellt und kompiliert. Dadurch ist die Möglichkeit gegeben, bei Bedarf auf die Rechenleistung des Grossrechners zurückzugreifen, andererseits aber kann der Mikrorechner auch autonom betrieben werden.

Das zur Verfügung stehende PEARL-System und das zugehörige Betriebssystem bieten Multitasking, Synchronisation über

Semaphore, Zeitscheduling, interruptgesteuerte Gerätetreiber und eine komfortable Prozessinterruptbearbeitung. Die System- und Anwenderprozeduren sind reentrantfähig - sie können von mehreren Tasks gleichzeitig benutzt werden. Dies ist eine wichtige Eigenschaft im Hinblick auf den begrenzten Speicherplatz, der vom Z80 adressiert werden kann.

Ausser dem PEARL-System steht unter dem Betriebssystem CP/M eine Fülle von weiteren nützlichen Dienstprogrammen zur Verfügung, die einerseits dazu dienen, die eingesetzte Hardware bzw. die entwickelten Adapterstufen zu testen und andererseits bei der Auswertung der gewonnenen Daten Hilfe leisten. Die Programme reichen von bildschirmorientierten Editoren, Textverarbeitung (für Dokumentationszwecke), über Compiler, Binder bis hin zu Rechnerkopplungsprogrammen zum Transfer der am Mikrorechner vorhandenen Daten an andere Rechner.

Die Testergebnisdarstellung wird dem Physiker in gewohnter Form dargeboten, nämlich in Form von Spektren auf einem graphischen Bildschirm. Dazu existiert im PEARL-System ein Graphikpaket GRIBS /SEPP83/, ein Subset des GKS 6.2-Standards /GKS 80/. Mit diesem Paket können einfache graphische Funktionen realisiert werden, wie z.B. Linie zeichnen, Markierung setzen, Text ein/ausgeben etc.. Die Graphikroutinen arbeiten mit einem vom Benutzer vorzugebenden 'Weltkoordinatensystem' und transformieren die geforderten Aktionen durch zwei Schichten in Steuerzeichen für das angeschlossene Graphikterminal. Mit diesen Routinen kann in komfortabler Form ein anspruchsvolles Bild aufgebaut werden. Die dazu erforderlichen Transformationen benötigen aber trotz des Einsatzes des Arithmetikprozessors relativ viel Rechenzeit, sodass die Graphik, gemessen an den dem Physiker vertrauten, meist durch Hardware realisierten Lösungen, 'langsam' wird. Die graphische Darstellung von Spektren erfordert aber nur einige wenige einfache Grafikelemente. Deswegen wurde eigens für die Darstellung von Spektren ein einfaches Grafikpaket entwickelt /BARA84/. Dieses kleine Paket beschränkt sich auf die nötigsten Funktionen, um Spektren darzustellen und führt keine Transformationen zwischen mehreren Koordinatensystemen durch. Der Benutzer muss Daten in dem vom Bildschirm festge-

legten Koordinatensystem (entsprechend dessen Auflösung) liefern. Damit ist es möglich, die Zeit zum Aufbau eines Bildes auf die Zeit zu beschränken, die benötigt wird, um die entsprechenden Steuersequenzen an das Sichtgerät zu übertragen. Das bedeutet, dass ein Spektrum mit 512 Punkten innerhalb von 3 Sekunden gezeichnet ist.

Beide Graphikpakete sind vollständig in PEARL geschrieben und liegen in Form von Bibliotheken vor, sodass bei Benutzung der Graphik der Binder die nötigen Unterprogramme automatisch mit einbindet.

In /BREN84/ wird ein System, das ebenfalls auf einem Mikroprozessor basiert, zum Einsatz in der physikalischen Experimentiertechnik vorgestellt. Die dort genannten Vorschläge haben eine Reihe von Gemeinsamkeiten mit der hier vorgeschlagenen Konfiguration. Die Hardwaremodularität wird durch den Aufbau in der Kartentechnik erreicht, die Vielfalt der angebotenen Schnittstellen ist ebenfalls mit dem Z80-System vergleichbar. Der entscheidende Nachteil des in /BREN84/ besprochenen Systems liegt im Bereich der verfügbaren Software. Nachdem sich in /BREN84/ kein Hinweis auf eine verfügbare höhere Programmiersprache findet, ist anzunehmen, dass die Programmierung dort in Assembler zu geschehen hat. Nach neueren Erkenntnissen des Softwareengineering ist die Programmierleistung (ausgetestete und dokumentierte Zeilen pro Tag) unabhängig von der benutzten Sprache /SCHN78/. Bei Verwendung von Assemblerprogrammierung wird dann aber die Erstellung der für ein Experiment erwünschten Überwachungssoftware wegen des grösseren Umfangs zu einem zentralen Problem.

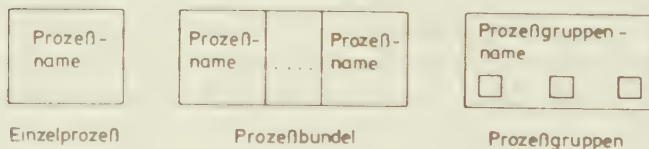
3.3. Die Spezifikationsmethode

Zur Spezifikation der erstellten Überwachungsprogramme wurde das in /FLEI84/ vorgestellte Spezifikationskonzept verwendet. Dieses Konzept eignet sich zur Beschreibung der Software von verteilten Systemen mit Botschaftenmechanismen. Im

folgenden Abschnitt sollen die wichtigsten Teile dieser Methode vorgestellt und die durch die Erweiterung der Anwendung auch auf den technischen Prozess zusätzlich nötig gewordenen Teile erläutert werden. Eine weiterführende Information ist in /FLEI84/ zu finden.

3.3.1. Beschreibung der Spezifikationstechnik

Die Spezifikationsmethode kennt als Strukturierungseinheiten Prozesse, Prozessbündel und Prozessgruppen. Dabei enthalten Prozessbündel mehrere Prozesse mit gemeinsamen Objekten, die mit anderen Strukturierungseinheiten über Botschaften (im folgenden wird dafür auch Nachrichten als Synonym verwendet) kommunizieren. Prozessgruppen enthalten ebenfalls mehrere Prozesse (mit gemeinsamen Objekten), die aber von aussen nicht identifizierbar sind. Somit können Botschaften nur an die Prozessgruppe als Gesamtes geschickt oder von dort empfangen werden. Im Gegensatz zu den Prozessbündeln, in denen die einzelnen Prozesse identifizierbar sind und somit auch eine selektive Kommunikation mit den Einzelprozessen möglich ist.



Figur 3-2: Graphische Symbole der Strukturierungselemente

Zur Unterscheidung der einzelnen Strukturierungseinheiten gibt es je ein graphisches Symbol, in dem der Name dieser Einheit eingetragen wird.

Die Spezifikation für ein Programm gliedert sich nach

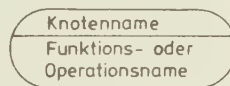
/FLEI84/ in drei Hauptpunkte:

- Die Kommunikationsstruktur
- Typen von Strukturierungseinheiten
- Elemente eines Prozesssystems

Durch diese Gliederung ist es möglich, das Programm in verschiedenen Abstraktionsstufen zu beschreiben. Im Diagramm der Kommunikationsstruktur erscheinen nur die Botschaften, die die einzelnen Strukturierungseinheiten miteinander austauschen. Hier können zur Verdeutlichung auch zusätzliche graphische Symbole verwendet werden, um das Verhalten eines Objektes besser darstellen zu können (z.B. ein Bildschirm, Signallampen, etc.).

In den nächsten zwei Gliederungspunkten folgt dann die detailliertere Beschreibung dieser Einheiten. Ein Prozess wird dazu in die Teile Ablaufsteuerung, Benutzermaschine und Kommunikationsmaschine zerlegt. Die Kommunikationsmaschine ist eine abstrakte Maschine, die in der Lage ist, das Senden und Empfangen von Nachrichten abzuwickeln. In der Ablaufsteuerung wird beschrieben, wie bzw. wann der Prozess mit anderen kommuniziert und interne Operationen oder interne Funktionen ausführt. In der Benutzermaschine folgt dann die Beschreibung der Eingabeoperationen, der Ausgabefunktionen, der internen Operationen und der internen Funktionen. Zur Darstellung der Ablaufsteuerung werden die graphischen Symbole von Figur 3-3 verwendet.

Knotenname	
Prioritäten- relation	Zeitdauer



Figur 3-3: Graphische Symbole in der Ablaufsteuerung

Die Symbole werden mit den Knotennamen beschriftet. Bei Kommunikationsknoten (Sende- oder Empfangsknoten) wird optionell eine Prioritätenrelation und eine Zeitdauer angegeben. Bei Internknoten (Operations- oder Funktionsknoten) wird der Name der entsprechenden Operation oder Funktion mit angegeben. Von diesen Knoten können zwei Arten von Kanten in den nächsten Knoten führen (vgl. Figur 3-4).



Figur 3-4: Mögliche Kanten

Dabei bezeichnet der Einfachpfeil eine Empfangskante (Ausführung einer Eingabeoperation), wenn er von einem Kommunikationsknoten ausgeht, und das Ergebnis einer Funktion, wenn er von einem Internknoten wegführt. Der Doppelpfeil bedeutet eine Sendekante (Ausführung einer Ausgabefunktion) bei Kommunikationsknoten bzw. den Abschluss einer Operation bei einem Internknoten. Die Übergänge haben die jeweils entsprechende Beschriftung. Ein- oder Ausgabeoperationen werden mit

(Absender/Adressat) Nachrichtenname (Prozesszeigervariable)

dargestellt. Die Angabe der Prozesszeigervariablen ist optionell. Bei Funktionen wird der Pfeil mit dem dem Übergang entsprechenden Ergebnis und bei Operationen mit den möglichen Abschlüssen beschriftet.

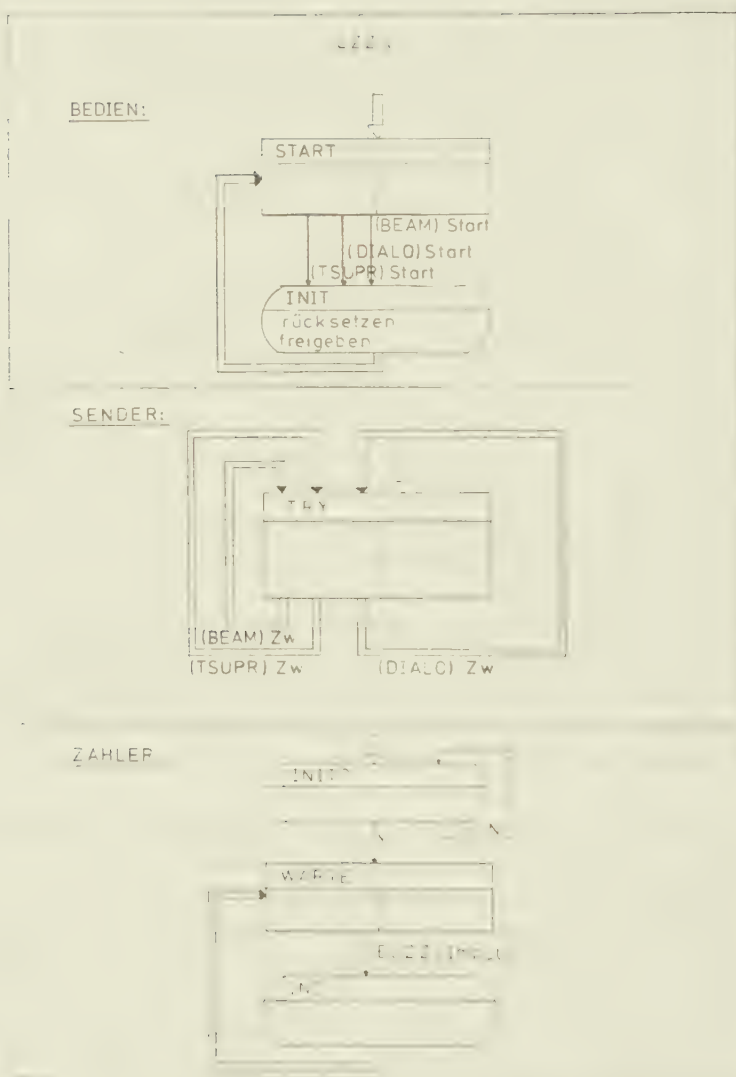
3.3.2. Erweiterungen des Anwendungsbereichs

Der entscheidende Vorteil der vorgestellten Spezifikationsmethode ist, dass ihre Anwendbarkeit nicht auf den Bereich

der Software beschränkt ist, sondern auch technische Prozesse damit beschreibbar sind. Dadurch wird eine geschlossene Darstellung des Gesamtsystems (mit einer einheitlichen Methode) möglich. Die Anwendbarkeit auf Hardware soll im folgenden durch ein Beispiel demonstriert werden. Es ist dem in Kap. 4. vorgestellten Zählratenmonitorsystem entnommen. Mit der in Fig. 3-5 dargestellten Ablaufsteuerung einer Prozessgruppe mit dem Namen LZZi soll der Zählerbaustein CTC (Counter-Timer-Circuit) des Z80 beschrieben werden. Dieser Zähler ist ein integrierter Schaltkreis.

Der Zähler kann jederzeit gestartet (und rückgesetzt) werden, die digitalen Impulse der Elektronik einzählen und ausgelesen werden. Dies lässt sich durch eine Prozessgruppe mit drei Prozessen beschreiben, die als gemeinsame Objekte das Zählregister und einen Merker für die Freigabe der Zählfunktion haben. Eine Prozessgruppe ist nötig, da von aussen nicht bekannt ist, welche Komponente des Schaltkreises die Nachrichten empfängt oder sendet. Im Einzelnen übernehmen die Prozesse folgende Aufgaben:

- Ein Prozess erwartet die Nachricht 'Start' von einem der drei Partnerprozesse BEAM, DIALO oder TSUPR. Die Nachricht hat keine Parameter. Nach dem Empfang wird in der internen Operation 'INIT' das Zählregister gelöscht und die Zählfunktion freigegeben.
- Der Baustein kann von den Prozessen BEAM, DIALO oder TSUPR ausgelesen werden. Dies lässt sich umgekehrt auch als eine Sendeoperation des Bausteins auffassen. Der Sender wird solange blockiert, bis er einen Empfänger für die Nachricht 'Zw' hat. Der Nachrichtenparameter von 'Zw' ist der Inhalt des Zählregisters.
- Ein Prozess kann digitale Impulse zählen. Der Prozess wartet auf die Freigabe der Zählfunktion und erwartet dann die Nachricht 'Impuls' vom Prozess 'ELZZ'. Die Nachricht hat keine Parameter, da ein digitaler Impuls registriert wird. Bei einem analogen Signal würde der Nachrichtenpara-



Figur 3-5: Ablaufsteuerung eines Zählerbausteins

meter die Höhe des Impulses sein. Nach dem Empfang wird in der internen Operation 'INC' das Zählregister inkrementiert.

Kennt man nur die Darstellung eines Objektes, das durch die beschriebene Prozessgruppe repräsentiert wird, lässt sich nicht ohne weiteres entscheiden, ob das Objekt durch Software oder durch Hardware realisiert ist. Jedoch wird die Funktion des Objekts deutlich. In /FLEI84/ wird für eine Spezifikation ein Gliederungsgerüst angegeben, das als eine Anleitung bei der praktischen Arbeit dienen soll. Durch die Ausdehnung der Anwendung der Spezifikationsmethode auf Prozesse, die entweder durch Hard- oder Software realisiert sind, werden zwei Erweiterungen dieser Gliederung nötig. Nach den Beschreibungen der Benutzermaschinen ist der Punkt 4 einzuführen, in dem die Realisierung der Einzelprozesse angegeben wird. Weiterhin sollte die Spezifikation den Punkt IV, die Implementation, enthalten, da bei einer gemischten Realisierung der Prozesse eine detailliertere Beschreibung der Implementation, vor allem der Nachrichten wichtig wird. Der Nachrichtenaustausch von zwei Prozessen, von denen der eine durch Software, der andere durch Hardware realisiert, kann z.B. durch eine serielle oder parallele Schnittstelle oder durch Kommunikation über den IEEE-Bus verwirklicht werden. Desweiteren ist es nötig, die Implementation bei einer Kommunikation (z. B. durch elektrische Signale) von zwei durch Hardware realisierten Prozessen zu kennen.

Eine zweite Ergänzung des in /FLEI84/ beschriebenen Konzepts sind die Makros. Sie sind nach /FLEI84a/ mittlerweile eingeführt und werden durch das Symbol in Fig. 3-6 dargestellt. Ein Makro soll zur Abkürzung bzw. Abstraktion eines mehrfach auftretenden Teiles der Ablaufsteuerungen (z. B. reentrantfähige Anwenderprozeduren) dienen, der in einem oder mehreren Prozessen verwendet wird. Die Parameter von Makros können Namen von Nachrichten, Operationen, Funktionen oder Daten sein. Der Knoten wird mit dem Makronamen, dem Anfangszustand und dem Endzustand beschriftet. In Makros darf ein Botschaftsaustausch mit anderen Prozessen stattfinden, und es können Operationen und Funktionen der privaten oder ge-

Anfangszustand
Makroname
Endzustand

Figur 3-6: Graphisches Symbol eines Makros

meinsamen Benutzermaschine verwendet werden. Als Absender bzw. Adressat ist der Prozess einzusetzen, dessen Ablaufsteuerung den Makro verwendet. Es sind Typen von Makros möglich.

Durch die Einführung von Makros, Angabe der Realisierung und Implementation muss die in /FLEI84/ vorgeschlagene Gliederung geändert werden. Ein neuer Vorschlag mit den obigen Änderungen befindet sich in Anhang A. .

4. Überwachung durch Aufnahme digitaler Impulse

Wie in Kap. 2. erläutert, kann die Überwachung mit den natürlichen Impulsen oder mit Testimpulsen durchgeführt werden. Jede dieser Klassen kann weiter zerlegt werden in Impulse mit digitaler oder analoger Information. Im folgenden soll der Teil der Überwachung näher beschrieben werden, der mit natürlichen, digitalen Impulsen arbeitet.

4.1. Anwendungsbereich

Das Testverfahren bzw. die Aufgaben des Rechners bestehen hier darin, Zählraten aufzunehmen, miteinander zu verknüpfen und auf zeitliche Konstanz zu prüfen. Aus den Prüfergebnissen wird ein Protokoll angefertigt.

Diese Methode kommt der vom Physiker traditionellerweise benutzten Technik sehr nahe. Zunächst wird grob geprüft, welche Komponente noch die erwartete Funktion erfüllt und danach wird anhand der Signalform, -höhe, etc. der Fehler genauer bestimmt. Durch eine gezielte Wahl der Testpunkte für die Zählratenaufnahme wird eine schnelle Lokalisierung der Fehlerquelle möglich. Die Überprüfung der in Frage kommenden Geräte, bzw. die Interpretation des Fehlerbildes und Diagnose bleibt aus Flexibilitätsgründen weiter in der Hand des Experimentators. Der Rechner entlastet aber den Physiker von den Routineaufgaben, die Zählraten der Testpunkte regelmäßig aufzunehmen, auf zeitliche Konstanz zu prüfen, sowie ein Protokoll anzufertigen.

Unter der Annahme stabiler Bedingungen an den anderen Geräten können folgende Fehler erkannt werden:

- Schwellen: Eine Änderung der Lage einer Schwelle oder eines Fensters führt zu einer Zählratenänderung am Ausgang eines Diskriminators.
- Lastabhängige Zählratenverluste können durch eine Änderung des Verhältnisses der Zählraten vor und nach einem Gerät

festgestellt werden.

- Der Bereich der statischen Experimentgrößen (Strahlstrom, Strahlposition, Detektorspannungen, etc.) ist mit der Zählratenaufnahme in die Überwachung einbezogen.
- Das Zeitverhalten kann nur bedingt überprüft werden. Eine Verschiebung des Überlapps der beiden Signale an den Eingängen einer logischen Einheit (z.B. Koinzidenzstufe) im Fast-Kreis führt i.a. auch zu einer Änderung der Zählrate an deren Ausgängen und wird bemerkt. Eine Veränderung der Zählraten am Start bzw. Stopeingang eines TPC's führt zu einer Änderung der zufälligen Koinzidenzen, also in bestimmten Fällen auch zu einer merklichen Änderung der Koinzidenzzählrate. Veränderungen innerhalb des TPC-Fensters bei gleichbleibenden Start/Stop-Raten können hier nicht erkannt werden.
- Die Verstärkung kann ebenfalls nur bedingt überprüft werden. Sofern nach dem Verstärker ein Diskriminator eingebaut ist und stabile Verhältnisse am Diskriminator angenommen werden können, führt eine Verstärkungsänderung ebenfalls zu einer Zählratenänderung. Wiederum werden Veränderungen innerhalb des Diskriminatorfensters hiermit nicht erkannt.
- Absolute Funktionsuntüchtigkeit eines Gerätes. Dies wird sich in einer deutlichen Änderung der Zählrate bemerkbar machen.

Allgemein bleibt zu bemerken, dass diese Art der Überwachung wenig Zusatzgeräte erfordert, einfach anwendbar bzw. bedienbar ist und, dass durch den Einsatz des Rechners ein erheblich potenteres Werkzeug zur Überwachung eingesetzt wird, als es ein disziplinerter Experimentator mit Taschenrechner und Protokollbuch je sein kann. Der Mensch scheidet als Fehlerquelle aus.

4.2. Das Zählratenmonitorsystem

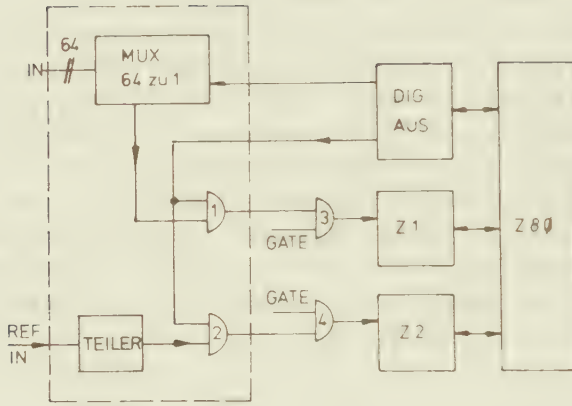
Das im folgenden vorgestellte Zählratenmonitorsystem ist die praktische Realisierung der im letzten Abschnitt besprochenen Überwachung durch Zählraten. Dazu können Zählraten an 160 Stellen der Elektronik registriert werden. Dies leisten zwei Programme, die in PEARL auf dem Z80-Mikroprozessorsystem implementiert wurden. Ein Programm führt die Überwachung durch, während das andere dazu dient, die Parameter entgegenzunehmen, um die Überwachung auf eine gegebene Elektronikkonfiguration einzustellen. Die für die praktische Realisierung notwendigen Hardwareneuentwicklungen sind in Anhang B. näher beschrieben.

4.2.1. Das Überwachungsprogramm

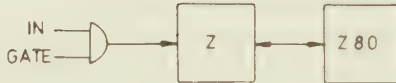
Das Überwachungsprogramm kennt zur Aufnahme der Zählraten zwei Zählobjekte - die Kurzzeitzähler (im folgenden KZZ genannt) und die Langzeitzähler (im folgenden LZZ genannt). Die beiden Zählobjekte entsprechen der in Kap. 2. besprochenen Überwachung mit Stichproben bzw. der ständigen Messwertaufnahme. Ein Kurzzeitzähler, bestimmt für die Stichproben, besteht physikalisch aus zwei Zählbausteinen, einem 64 zu 1 Multiplexer und einer Digitalausgabe. Der schematische Aufbau ist Abb. 4-1 zu entnehmen.

Im Betrieb wird über die Digitalausgabe ein Multiplexereingang für eine gewisse, vorgegebene Zeit auf den Zählbaustein Z1 geschaltet und dessen Impulse gezählt. Gleichzeitig zählt der Zählbaustein Z2 die Referenzsignale (z.B. Strahlintensität). Nach der eingestellten Zählzeit wird das Zählergebnis aus beiden Zählern ausgelesen, aufbereitet, protokolliert und bei Bedarf ein anderer Multiplexereingang bearbeitet. Die vor den Zählern angebrachten UND-Gatter stellen sicher, dass die beiden Zähleinheiten exakt die gleiche Zeitspanne betrieben werden. Dies wird durch die Steuerung eines Gates über die Digitalausgabe erreicht. Durch eine

a) KZZ



b) LZZ



Figur 4-1: Schematische Darstellung des Aufbaues eines KZZ/LZZ

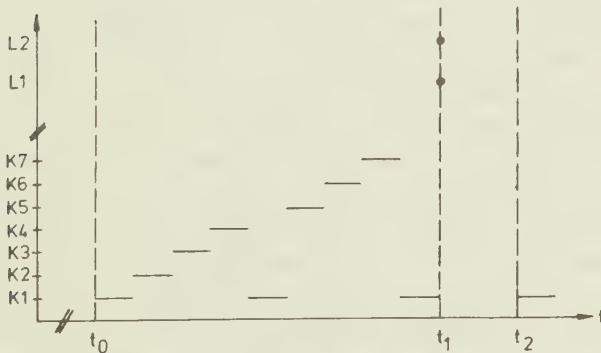
Softwarelösung könnte diese gleiche Betriebszeit nicht erreicht werden, da die beiden Zähler vom Prozessor nur sequentiell angesprochen werden können. Dies führt aber zu unterschiedlichen Zählintervallen und der daraus resultierende Zählratenunterschied würde das Ergebnis merkbar verfälschen.

Ein LZZ, bestimmt für die ständige Aufnahme von Impulsen, verfügt über je einen Zählbaustein. Zur genaueren Bestimmung der zu zählenden Impulse ist am Zähl Eingang eine abschaltbare Koinzidenzstufe verwendbar. Im Gegensatz zu den KZZ arbeitet dieser vom Systemstart bis zum Systemstop, sein Eingang ist nicht gemultiplext. In gewissen Zeitabständen

wird der integrale Zählerstand ausgelesen und das Zwischenergebnis protokolliert. Das Auslesen hat keinen Einfluss auf die Zählfunktion.

Das Programm benutzt die oben beschriebenen Zählobjekte im Rahmen eines sog. 'Superzyklus', siehe dazu Kap. 2. . Dies bedeutet eine periodische Folge in der Bearbeitung der Zähler. Die Periodizität ist vorgegeben durch die Überwachung, d. h. Vergleich zweier zu verschiedenen Zeiten aufgenommener Werte. Weiterhin wird eine zeitliche Wiederholung oft durch die Zykluszeiten der Beschleuniger vorgegeben.

Das Diagramm in Figur 4-2 zeigt die zeitliche Abfolge innerhalb eines Superzyklus. Auf der Abszisse ist die Zeit, auf der Ordinate die Nummer der Multiplexereingänge bzw. die Nummer des LZZ aufgetragen. Man sieht das Superzyklusintervall von t_0 bis t_2 , das sich in den Zeitraum von t_0 bis t_1 aufteilt, in dem Multiplexereingänge bearbeitet werden. Bei t_1 ist das Auslesen der Zwischenergebnisse der LZZ vorgesehen. Im zweiten Teil, dem Zeitraum von t_1 bis t_2 , werden die neu erhaltenen Zählergebnisse an das Protokoll weitergereicht und danach, falls erforderlich, wird bis t_2 eine Pause eingelegt. Jeder Zähleingang wird eine feste Zeit lang bearbeitet.



Figur 4-2: Zeitlicher Ablauf eines Superzyklus

Für die Anpassung des Superzyklus an eine spezifische Umgebung kann der Benutzer folgende Parameter vorgeben:

- Länge des Superzyklusintervalls.
- Zeitdauer für die Messung an einem Multiplexereingang.
- Häufigkeit der Messung an einem Multiplexereingang im Superzyklus.
- Kennzeichnung jedes Zählereingangs.

Mit dem Parameter Häufigkeit wird die integrale Zählzeit für einen Multiplexereingang festgelegt. Somit kann bei niedrigen Zählraten ein längeres Intervall vorgegeben werden, um die gewünschte statistische Genauigkeit zu erreichen, die in Kap. 2. erwähnten Unterzyklen. Die Zählzeit wird allerdings nicht in einem Stück abgearbeitet, sondern gleichmässig in festen Intervallen über das Superzyklusintervall verteilt, um eventuelle Kurzzeitschwankungen auszugleichen. In Fig. 4-1 ist dies für den Eingang 1 skizziert.

Ein Zählereingang wird durch einen spezifischen Text (physikalische Bedeutung) gekennzeichnet, damit er bei der Vielzahl der Messstellen später leichter wiedergefunden werden kann.

Mit den im Superzyklus gewonnenen Zählergebnissen erzeugt das Programm ein Protokoll auf dem Drucker. In dem Ausdruck erscheinen sämtliche Benutzereingaben, zur besseren Lesbarkeit, besonders gekennzeichnet. Desweiteren werden alle Zählergebnisse der im Superzyklus enthaltenen Zähler ins Protokoll übernommen. Für einen KZZ enthalten diese die physikalische Bedeutung des Multiplexereingangs, die aktuelle absolute Zählrate, die auf die Referenz normierte Zählrate und die relative Abweichung der normierten Zählrate vom Mittelwert der letzten fünf Messungen. Der Mittelwert wurde auf die letzten fünf Messungen beschränkt, damit das System in der Lage ist, sich auf Zählratenänderungen mit langer Zeitkonstante automatisch anzupassen (z.B. abnehmende Zählrate durch Verminderung der Targetqualität während der Bestrahlung). Für einen LZZ erscheinen die physikalische Bedeutung, der integrale Zählerstand, die Zählrate, und die

relative Abweichung der Zählrate im Protokoll. Am Ende des Protokolls erscheint die Gesamtanzahl der aufgetretenen Fehler.

Im Protokoll sind zur optischen Unterstützung der Lesbarkeit der Zählergebnisse an der Vielzahl der Messtellen je vier Zeilen zu einem Block zusammengefasst.

Während der Auswertung der Zählergebnisse werden diese auf Fehlerbedingungen geprüft und beim Auftreten eines Fehlers im Protokoll besonders markiert. Ausserdem wird im Fehlerfall ein akustisches Signal erzeugt, um den Experimentator darauf aufmerksam zu machen. Dieses Signal setzt der Rechner nicht zurück, sondern es muss vom Experimentator gelöscht werden. Typische Fehlerbedingungen sind:

- a) Auftreten der Absolutzählrate 0
- b) Abweichung der neuen Absolutzählrate vom Anfangswert ausserhalb der vorgegebenen Grenzen
- c) Abweichungen der mit den Messwerten gewonnenen Rechengrössen (z.B. normierte Zählrate) vom Anfangswert ausserhalb der vorgegebenen Grenzen.

Implementiert wurden die Bedingungen a) und c). In c) wird die auf die Referenz normierte Zählrate auf grösser 20% Abweichung geprüft. Die Fehlererkennung kann leicht von den genannten auf andere Bedingungen umgestellt werden, da diese Teile in der Software schnell umzuarbeiten sind.

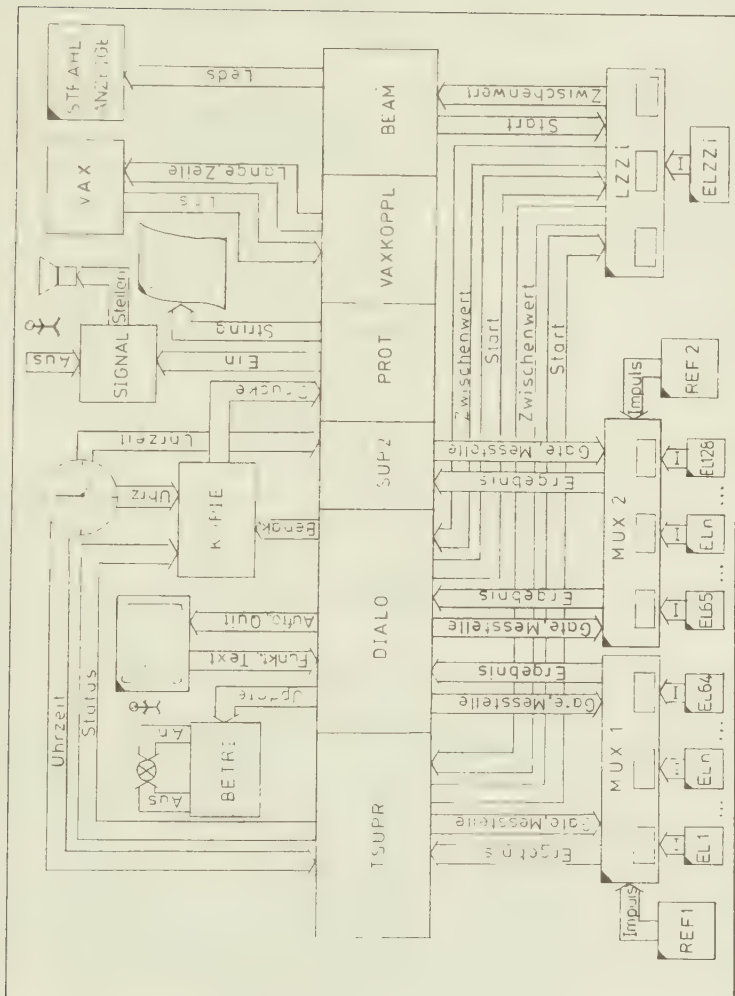
Die Teile des Protokolls, die Zählergebnisse betreffen, werden ausser auf dem Drucker, auch auf eine Datei ausgegeben. Dazu sieht das Programm 20 Dateien auf der Diskette vor, die nummeriert in aufsteigender Reihenfolge beschrieben werden. Sind alle beschrieben, so wird mit dem nächsten Protokoll die jeweils älteste dieser Dateien überschrieben. Damit ist es möglich, dass der Benutzer das Druckerprotokoll, je nach Bedarf ein- oder ausschalten kann. Ist der Drucker abgeschaltet und der Experimentator wird durch das akustische Signal auf einen Fehler aufmerksam gemacht, so wird nach dem (Wieder-) Einschalten des Druckerprotokolls das gesamte Superzyklusergebnis ausgedruckt. Es ist also nicht unbedingt erforderlich, den Drucker immer mitlaufen zu lassen. Die

einggegebenen Benutzerkommandos, die die Prozessführung betreffen, werden in jedem Fall ausgedruckt.

Das Zählratenmonitorsystem bietet dem Benutzer noch die Funktion 'Freier Zähler'. Nach Angabe der erforderlichen Parameter bekommt der Bediener für einen LZZ das aktuelle Zwischenergebnis und für einen KZZ nach der Messzeit die Zählrate, die normierte Zählrate und jeweils die physikalische Bedeutung ausdrückt. Diese Funktion wurde mit aufgenommen, um dem Experimentator die Möglichkeit zur Überprüfung eines Zählergebnisses ausserhalb eines Superzyklus zu bieten und nach Reparatur oder Austausch eines defekten Gerätes die einwandfreie Funktion des neuen zu testen.

Wie in Kap. 2. beschrieben sollte das Überwachungsprogramm dem Datenaufnahmerechner die gewonnenen Überwachungsergebnisse übermitteln können. Dazu ist in diesem Programm eine Kopplung über eine serielle Schnittstelle (V.24) vorgesehen. Der Mikrorechner emuliert ein Terminal des Datenaufnahmerechners.

Dieser hat die Möglichkeit, an den Überwachungsrechner eine Anforderung für die Ergebnisse zu stellen, indem er das Zeichen 'A' oder 'x' schickt. Der Überwachungsrechner sendet daraufhin dem Datenaufnahmerechner die gesamten noch nicht übertragenen archivierten Protokolle (Anforderung 'A') oder nur das letzte noch nicht übertragene Protokoll (Anforderung 'x'). Wird eine Anforderung empfangen, obwohl schon alle vorliegenden Protokolle übertragen wurden, erhält der Partner eine negative Quittung. Die Interpretation dieser Daten liegt danach nur noch in der Hand des Datenaufnahmerechners. Das PEARL-System, hier der serielle Treiber, macht es möglich, die Schnittstelle des Mikrorechners ohne Probleme auf den jeweiligen Partner einzustellen. Freie Parameter sind die Länge, Parität der zu übertragenden Zeichen, die Länge eines zu sendenden Blocks und das Endezeichen für einen zu empfangenden Block. Auch ist die Übertragungsgeschwindigkeit in weiten Bereichen einstellbar. Um Verklemmungen auszuschliessen, kann der Empfang einer Nachricht zeitüberwacht werden.



Figur 4-3: Kommunikationsdiagramm des Überwachungsprogrammes

4.2.2. Auszug aus der Spezifikation

In Fig. 4-3 ist das Kommunikationsdiagramm des Überwachungsprogrammes dargestellt. Die Prozesse, die durch die Hardware realisiert sind, haben in der linken oberen Ecke eine Kennzeichnung.

Das Programm besteht aus einem Prozessbündel mit den Einzelprozessen TSUPR, DIALO, SUP2, PROT, VAXKOPPL und BEAM. Ausserdem sieht man eine Reihe von Einzelprozessen, wie BETRI, KOPIE usw.. Die Prozesse erledigen folgende Aufgaben:

DIALO:	Führt den Dialog mit dem Benutzer und ist damit der zentrale Steuerprozess.
TSUPR:	Wickelt in eigener Regie den Superzyklus auf dem Multiplexer 1 ab und bearbeitet die LZZ's.
SUP2:	Wie TSUPR auf Multiplexer 2
PROT:	Erstellt das Protokoll auf der Diskette und auf dem Drucker. Beim Erkennen einer Fehlerbedingung in der Auswertung wird die Fehlerreaktion initiiert.
VAXKOPPL:	Führt die Kopplung mit dem Datenaufnahmerechner durch.
BEAM:	Betreibt die Strahlanzeige (siehe weiter unten).
STRAHLANZEIGE:	Ein durch Hardware realisierter Prozess (siehe Anhang B.). Anzeige der Strahllage
VAX:	Ein durch Software auf dem Datenaufnahmerechner realisierter Prozess.
SIGNAL:	Stellen der Hupe (HW).
KOPIE:	Kopiert Protokollmeldungen in einen Ringpuffer und ergänzt die zugehörige Uhrzeit.
BETRI:	Stellen der Betriebsanzeige (HW).
MUX1:	64 zu 1 Multiplexer 1 (HW).
MUX2:	64 zu 1 Multiplexer 2 (HW).
REF1:	Generiert die Signale für die Referenz am Multiplexer 1(HW).
REF2:	Generiert die Signale für die Referenz am

Multiplexer 2 (HW).

ELn: Generiert die Signale der Messstellen der Multiplexer (HW).

ELZZi: Generiert die Signale für die Langzeitzähler (HW).

LZZi: Langzeitzählerbaustein (HW).

Die Leistungsfähigkeit der Spezifikationsmethode zeigt sich u. a. bei der Beschreibung der Prozesshardware. So war es z. B. möglich die beiden Multiplexer als zwei Inkarnationen des Prozessgruppentyps MUX zu betrachten oder die Messpunkte in der Elektronik durch die Inkarnationen des Einzelprozessstyps ELn.

Die ausführliche Spezifikation ist in /BEMU85/ zu finden.

4.2.3. Eingabe der Testparameter

Um die Testparameter eingeben bzw. ändern zu können, wurde ein 'Editor' geschrieben. Das Programm muss vor dem ersten Start des Überwachungsprogrammes einmal gelaufen sein, um den Parametersatz und die Zählerreihenfolge auf Dateien der Diskette zu schreiben.

Der Editor prüft die eingegebenen Zeiten für Superzyklus, Messdauer an einem Multiplexereingang und die Zahl der zu bearbeitenden Messstellen auf gegenseitige Verträglichkeit. Stellt sich während der Eingabe der Testparameter bei diesen Prüfungen heraus, dass diese Parameter nicht zusammenpassen, so wird der Bediener mit einer Fehlermeldung darauf hingewiesen und hat dann entsprechende Korrekturmöglichkeiten.

Bei Wahl der Funktion 'Abspeichern' berechnet das Programm die Reihenfolge der Multiplexermessstellen und legt dieses auf eine Datei ab. Auf eine weitere Datei wird der gesamte Parametersatz geschrieben.

In der Berechnung der Reihenfolge der Messstellen werden die im Superzyklus enthalten Unterzyklen aufgelöst. Dabei ordnet der Algorithmus einem Eingang Zählzeitpunkte relativ zum Anfangszeitpunkt des Superzyklus zu. Eine Messstelle mit der

Häufigkeit 1 wird nach der Hälfte der Zeit bearbeitet, eine mit Häufigkeit 2 nach dem ersten und dem zweiten Drittel der Superzyklusperiode. Bei gleicher Häufigkeit wird der Eingang mit der niedrigeren Nummer zuerst bearbeitet. Aus der Summe aller Häufigkeiten, des festen Zählintervalls pro Eingang und der Superzyklusperiode wird die nötige Pause berechnet.

4.3. Einsätze des Zählratenmonitors

Das Zählratenmonitorsystem wurde bisher in zwei Experimenten eingesetzt:

- In Teilchen-Gamma-Winkelkorrelationsmessungen am Erlanger Tandembeschleuniger, siehe /ORTN84/
- Im Experiment PS185 am CERN, siehe /BARN81/

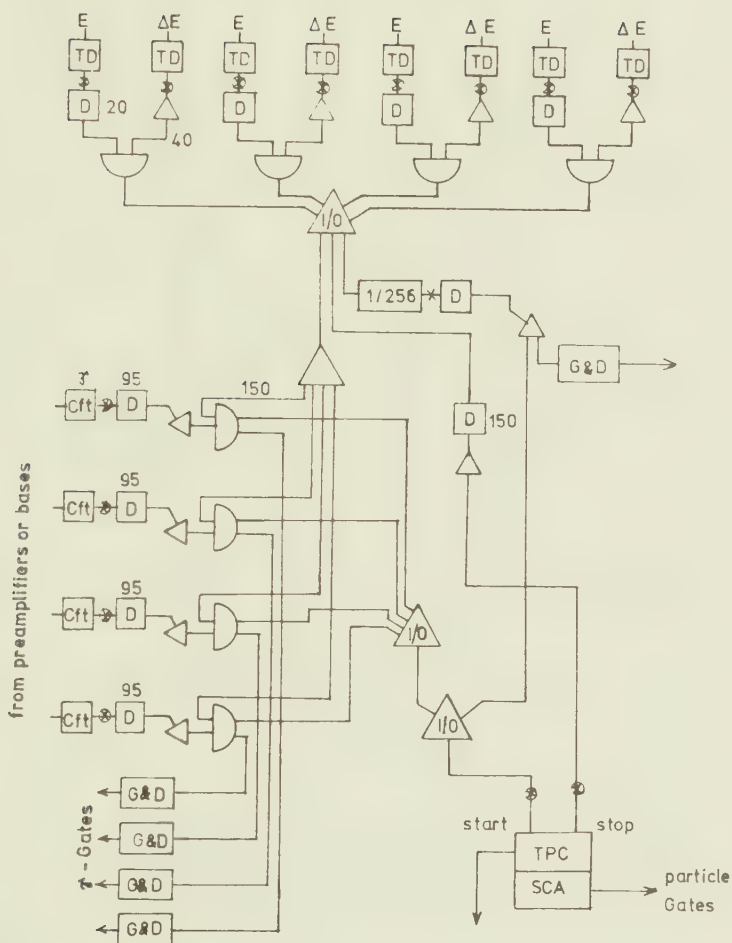
4.3.1. Experimente am Erlanger Tandem

In dem Winkelkorrelationsexperiment wurden u.a. zwei Messungen durchgeführt, $^{32}\text{S}(d,d',\gamma)^{32}\text{S}$ und $^{34}\text{S}(d,d',\gamma)^{34}\text{S}$. In beiden Messungen kam ein Prototyp des Zählratenmonitorsystems mit einem 16-fach KZZ und 2 LZZ zum Einsatz.

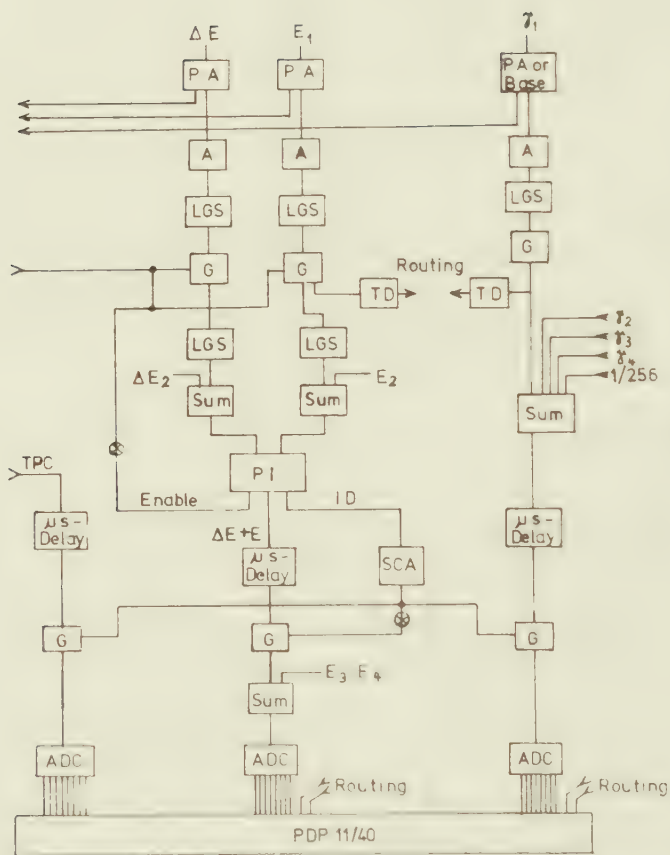
In dem Experiment wurde an gg-Kernen der sd-Schale der differentielle Wirkungsquerschnitt und die Teilchen-Gamma-Winkelkorrelationsfunktion für die Streuung von 10 MeV Deuteronen gemessen. Diese Observablen lassen eine ausführliche Untersuchung der Reaktionsmechanismen, der optischen Deuteronenpotentiale und der Kernquadrupoldeformation zu.

In den Fig. 4-4 und 4-5 ist ein Blockschaltbild der dort verwendeten Elektronik abgebildet. Die Stellen an denen Zählraten aufgenommen wurden, sind mit einem $\otimes$ markiert.

Überwacht wurden die Zählraten der Komponenten der Teilchenteleskope, der γ -Detektoren und zentrale Punkte in der Elektronik.



Figur 4-4: Schneller Triggerkreis



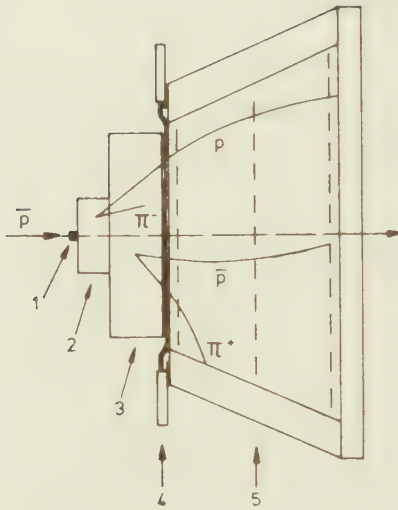
Figur 4-5: Langsamer Spektroskopiekreis

4.3.2. Das Experiment PS185 am CERN

Die in den Winkelkorrelationsmessungen gewonnenen Erfahrungen wurden in den eingesetzten Prototyp eingearbeitet, so dass für den Einsatz am CERN die voll ausgebaute Version zur Verfügung stand.

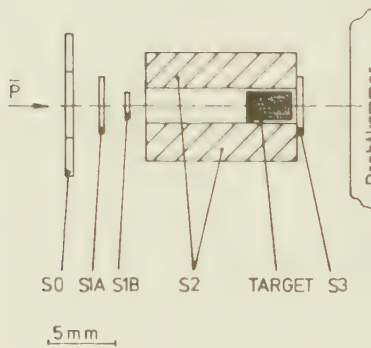
Das Experiment PS185 wird von einer Kollaboration (CERN - Erlangen - Freiburg - Los Alamos - Pittsburgh - Saclay - Uppsala) am LEAR des CERN (Low Energy Antiproton Ring) durchgeführt. Dieser Beschleuniger stellt Antiprotonenstrahlen im Energiebereich von 10 MeV bis zu 1200 MeV mit besten Strahleigenschaften zur Verfügung. Die Kollaboration befasst sich mit der Untersuchung der Erzeugung von Hyperonen durch Annihilation von Antiprotonen und Protonen $p\bar{p} \rightarrow Y\bar{Y}$ im Schwellenbereich. Ziel ist es, die Hyperonen Λ und Σ an deren Schwelle zu produzieren, und aus deren Anregungsfunktion und Winkelverteilung auf die Quantenzahlen des $s\bar{s}$ -Quarkpaares zu schliessen. Der Detektoraufbau ist in Figur 4-6 dargestellt.

In Figur 4-6 ist ein Ereignis der Reaktion $p\bar{p} \rightarrow \Lambda\bar{\Lambda} \rightarrow p\pi^+ \bar{p}\pi^+$ eingezeichnet. Die Figur 4-7 zeigt eine vergrößerte Darstellung der benutzten Targetregion. Der Antiprotonenstrahl wird durch das Szintillationszählerteleskop aus S1a und S1b definiert und trifft dann das Target aus Polyäthylen (Durchmesser und Länge ca. 2.5mm). Da in der interessierenden Reaktion zwei ungeladene Teilchen entstehen, ist das Target durch den S2-Zähler und den direkt dahinter stehenden S3-Zähler eingeschlossen. Der Experimenttrigger gehorcht somit der Bedingung $S1a \cdot S1b \cdot \overline{S2} \cdot \overline{S3}$. Der Zähler S2 besteht aus vier Einzelkomponenten, die in Vierteln angeordnet sind. Die Lambda-Teilchen zerfallen dann statistisch innerhalb von 7 cm in $p\pi^-$ bzw. $\bar{p}\pi^+$ und hinterlassen in den Kammern Spuren, die vom Datenaufnahmerechner Typ VAX 750 auf Magnetband aufgezeichnet werden. Dieser Rechner kann auch die Überwachungsprotokolle des Z80-Systems empfangen.



Figur 4-6: Detektoraufbau des Experiments PS185

- 1 Targetregion
- 2 Proportionaldrahtkammern
- 3 Driftkammern
- 4 Hodoskop
- 5 Baryonenzahlidentifizierer (Magnet mit eingebauter Driftkammer)



Figur 4-7: Targetregion (Detail 1 in Fig. 4-6)

Ein kritischer Punkt des beschriebenen Detektorapparates ist die möglichst genaue Justage des Targets auf den Strahl. Ausserdem haben Instabilitäten der Strahllage fatale Folgen auf den Trigger des Apparates, z.B. wenn eines der S2-Viertel vom Strahl beleuchtet wird. Eine Verschiebung der Strahllage bedeutet aber eine Zählratenänderung der Szintillationsdetektoren und wird vom Überwachungssystem erkannt. Weiterhin sind die Drahtkammern in der Mitte, an der Stelle des Primärstrahls, insensitiv. Dies impliziert erstens eine gute Justage des Targets auf diesen insensitiven Bereich und zweitens die Forderung nach einem zeitlich stabilen und gut fokussierten Strahl. Sollte sich während der Datenaufnahme die Fokussierung des Strahls ändern, wird auch dies durch die veränderte Zählrate erkannt.

Desweiteren sind in der zu diesem Detektorsystem nötigen Elektronik eine Vielzahl von Stellen, an denen die Konstanz der Zählrate von Bedeutung ist. Dazu zählen z.B. die Diskriminatoren der Hodoskopstreifen, das S1-Teleskop, die Ausgänge der vielen Koinzidenzstufen etc. Besonders geeignet ist das Überwachungssystem zum stichprobenartigen Test der Kammerdrähte. In dem Vielparametersystem Drahtkammer kommt es häufig vor, dass sich die Zählrate einzelner Drähte sprunghaft ändert. Dies kann durch Abbrennen von Verunreinigungen (Staubpartikel) oder durch eine Änderung der Gasmischung verursacht werden. Je nach Art des zu zählenden Signals wurden dazu einer der 128 Eingänge der 2 Kurzzeitzähler oder ein Langzeitzähler benutzt, deren Eingänge teilweise mit einer Strahlkoinzidenz beschaltet waren.

Das PS185-Experiment stellte eine zusätzliche Anforderung an das Zählratenmonitorsystem. Auf einem Display sollte die Lage und die Intensität des Strahls angezeigt werden. Für die Anzeige der Intensität stehen zwei 16-elementige Leuchtdiodenketten zur Verfügung, die analog einem Ratemeter arbeiten. Wie oben erwähnt, besteht der S2-Zähler aus vier Einzelkomponenten, deren Abbild - siehe Fig. B-2 - am Display zu erkennen ist. Die Zählraten der S2-Viertel geben die Position des Strahls am Target wieder.

Das Programm wurde um die entsprechenden Teile ergänzt, die parallel zu den übrigen Funktionen laufen. Die maximale

Zählrate der Leuchtdiodenzeilen und der Zählratenschwellwerte für die Stufen der einzelnen S2-Viertel sind im Programm frei wählbar. Für die Anzeige werden, fest eingestellt, die LZZ1 bis LZZ7 benutzt. Sie werden mit einer vorzugebenden Periode ausgelesen und die dann berechnete Zählrate an das Display übergeben. An LZZ1 ist zur präzisen Bestimmung der Zählraten, hier die Zeiteichung, ein 1 kHz Frequenzgenerator angeschlossen. Dies ist nötig, da die Displayfunktion im System mit niedrigster Priorität läuft, und so möglicherweise die vorgegebene Ausleseperiode nicht genau eingehalten werden kann.

Durch die Möglichkeit die Parameter für die Anzeige frei zu wählen, war es möglich, auch kleine Änderungen der Strahllage durch eine geschickte Abstufung der Zählratenschwellwerte der einzelnen S2-Viertel zu erkennen. Mit dem Beamdisplay konnte der Strahl am laufenden Experiment auf einfache Weise nachgeregelt, bzw. zu Anfang der Datenaufnahme auf den Detektoraufbau einjustiert werden.

Auf der linken Leuchtdiodenkette wurde während der Datenaufnahme die Zählrate der Summierstufe $S0+(S2+)+S3$ angezeigt - die Anzahl der für das Experiment verfügbaren Antiprotonen. An der rechten Kette wurde die Zählrate der Koinzidenzstufe $S1a*S1b$ angezeigt - die Anzahl der vom Experiment genutzten Antiprotonen. Mit dem Verhältnis dieser beiden Ketten und der Kenntnis der Strahllage wurde der Strahl auf das Experiment optimiert.

5. Überwachung analoger Signale

Nachdem im letzten Abschnitt die Überwachung digitaler Teile der Elektronik mit Hilfe von Zählraten beschrieben worden ist, soll nun auf die analogen Teile eingegangen werden. Hierfür sollen wiederum die natürlichen Impulse verwendet werden.

5.1. Anwendungsbereich

Schwankungen analoger Messwerte verschlechtern die Genauigkeit, z.B. die Energieauflösung von Detektoren in Langzeitmessungen. Ursachen sind u.a. belastungs- und/oder temperaturabhängige Verstärkungsschwankungen. Traditionellerweise wurden die kritischen Komponenten mit einem Vielkanalanalysator überprüft. Dazu wird das interessierende Spektrum aufgenommen und die Lage der Linie(n) überprüft. Wird diese Routineaufgabe mit einem Programm automatisiert, so können folgende Fehler erkannt werden:

- Eine Änderung der Verstärkung, weil sich die Lage einer Linie im Spektrum ändern wird.
- Eine Änderung des Zeitverhaltens, wenn die Impulse von einem TPC stammen.
- Lastabhängige Zählratenverluste durch eine Änderung des auf den Strahlstrom normierten Linienintegrals.

Vor allem für diesen Teil der Überwachung ist zu bemerken, dass die zusätzliche Aufnahme der Spektren den Datenaufnahmerechner über Gebühr belasten würde. Die Zählraten sind an den typisch verwendeten Stellen relativ hoch (typisch einige 10 kHz). Der Mikrorechner hat bei diesen Zählraten zwar auch Totzeit, jedoch ist hier nicht, wie in der Messdatenerfassung, beabsichtigt, möglichst jedes Ereignis zu registrieren. Hier zeigt sich die Erfordernis für die Überwachung und für die Datenaufnahme zwei Rechner einzusetzen. Der Datenaufnahmerechner stünde bei der zusätzlichen Aufnahme der

Analogdaten vor unlösbaren Problemen. Vom Mikrorechner bekommt er sie in aufbereiteter, stark komprimierter Form angeboten.

Die Neuentwicklungen auf dem Hardwaresektor sind in Anhang B. näher beschrieben.

5.2. Softwarekomponenten

Das Überwachungsprogramm kann ausgewählte Linien auf zeitliche Konstanz des Schwerpunktes prüfen, siehe /BARA84/. Es besteht aus zwei Teilen, dem Predialog und dem Messprogramm. Im sog. Predialog grenzt der Benutzer in bis zu 8 Spektren die zu überprüfende Linie ein. Dazu wird ihm an einem grafischen Bildschirm das Spektrum angeboten, und er kann durch Positionierung des Cursors die Testregion definieren. Für jede Linie muss er die für die Schwerpunktberechnung nötige Präzision, eine physikalische Bedeutung und die eine maximale Verweilzeit für die entsprechende Messung vorgeben. Durch die Angabe der maximalen Verweilzeit wird eine Blockade der Überwachung ausgeschlossen. Die eingegebenen Festparameter werden auf der Diskette zwischengespeichert.

Im zweiten Teil wird mit diesen Parametern die Überwachung durchgeführt. Der Anwender hat hier die Möglichkeit, Parameter online den evtl. veränderten Randbedingungen anzupassen, z.B. die Repetitionszeit für die Messungen bei höherer Strahlintensität zu verkürzen. Das Programm berechnet zyklisch die Schwerpunkte, vergleicht sie mit den alten Werten, und führt auf dem Drucker ein Protokoll. Für die Berechnung der Linienwanderung werden totzeit- und untergrundkorrigierte Integrale verwendet. Um eine Totzeitkorrektur durchführen zu können, registriert ein schneller Zähler die am ADC ankommenden Impulse. Durch einen Vergleich dieses Zählergebnisses und des Gesamtintegrals im erhaltenen Spektrum kann auf die Totzeit des ADC's geschlossen werden. Für die Untergrundberechnung wird eine Ausgleichsgerade zwischen linken und rechten Rand der Linie herangezogen.

In dieser Implementation ist als Fehlerreaktion die Funktion

'Mastergate' vorgesehen. Damit kann der Rechner die Experimentelektronik und den Datenaufnahmerechner blockieren, wenn eine vom Experimentator festgelegte Primärstrahlintensität unterschritten wird. Eine weitere, vom Programm als Fehler interpretierte Bedingung ist, wenn der Linienschwerpunkt ausserhalb der Eingrenzung liegt.

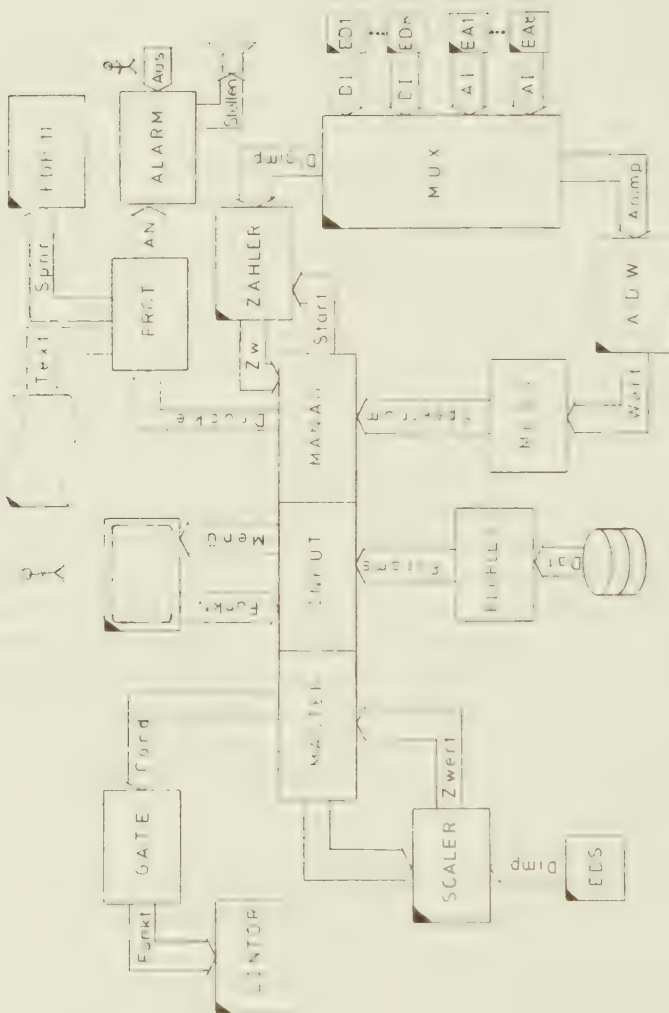
Die Kopplung vom Überwachungsrechner zum Datenaufnahmerechner ist durch eine parallele Schnittstelle realisiert. In einem 13 Bit Wort steht binär codiert in 10 Bits der aktuelle Schwerpunkt, und in den restlichen 3 Bits die Nummer des zugehörigen Spektrums.

5.3. Auszug aus der Spezifikation

In Fig. 5-1 ist das Kommunikationsdiagramm des Programmes dargestellt. Die durch Hardware realisierten Prozesse sind links oben markiert.

Das Programm besteht aus einem Prozessbündel mit den Prozessen MASTER, INPUT, MANAG, den Einzelprozessen MESS, PROTO, FLOPLES, EAn, EDn, ALARM, ADW, MUX, PDP11, ZÄHLER, GATE, LINTOR, und SCALER. Hier treten zum Zählratenmonitor ähnliche Prozesse auf, wie z.B. SCALER entspricht LZZ, ED dem Einzelprozesstyp ELN etc.. Dabei erledigen die Prozesse folgende Aufgaben

- SCALER: Die angeschlossenen schnellen Zähler (Hardware).
- FLOPLES: Holt die in einem Predialog auf Diskette abgelegten Testparameter.
- MESS, ADW: Emulieren einen Vielkanalanalysator.
- MUX: Schaltet den entsprechenden Eingang des Multiplexers auf den Eingang des ADW.
- GATE: Versorgt eine Torstufe.
- PROTO: Erzeugt für den Anwender das Überwachungsprotokoll.
- PDP11: Datenaufnahmerechner der die Überwachungsergebnisse annimmt.
- MASTER: Misst und prüft die Strahlzählrate und sendet



Figur 5-1: Kommunikationsdiagramm des Analogüberwachungsprogrammes

- entsprechende Nachricht an GATE.
- LINTOR: Lineare Torstufe.
- INPUT: Führt den Dialog mit dem Benutzer.
- MANAG: Veranlasst die ihn umgebenden Prozesse zur zyklischen Aufnahme der Spektren und versorgt das Protokoll.
- EDn: Prozesse, die digitale Signale liefern.
(siehe Prozesstyp ELN bei Zählratenmonitor)
- EAn: Prozesse, die analoge Signale liefern.
- ALARM: Meldet dem Experimentator einen Fehler.
- ZÄHLER: Zählbaustein für die Totzeitkorrektur.

Eine weitergehende Spezifikation findet sich in /BARA84/.

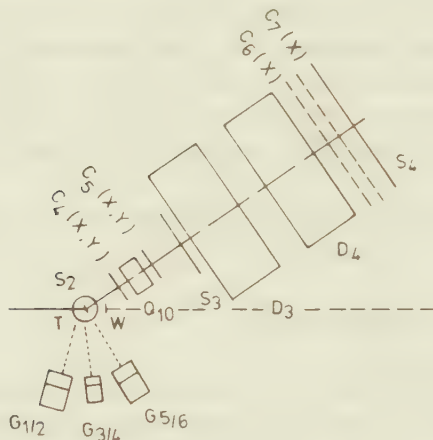
5.4. Einsätze der Analogüberwachung

Das oben beschriebene Programm wurde bisher mehrmals eingesetzt. In /BARA84/ wurde das Langzeitverhalten von NaJ-Detektoren untersucht. Dabei zeigte sich, dass äussere Einflüsse, wie Temperaturschwankungen, die Ergebnisse der Spektroskopie so verfälschen können, dass eine Eichung kurzfristig wertlos werden kann. Das Ergebnis ist, dass das Programm in der Lage ist, Veränderungen in der Verstärkungsänderung der Detektoren (instabile Strahlintensität) zu registrieren. Damit ist die Möglichkeit gegeben dies zu korrigieren, was bei Wirkungsquerschnitts- und Winkelkorrelationsmessungen von entscheidender Bedeutung ist.

5.4.1. Das Pionenstreuexperiment am SIN

Mittlerweile hat sich das System auch in einer Winkelkorrelationsmessung $^{12}\text{C}(\pi, \pi', \gamma)^{12}\text{C}$ am SIN (Schweizer Institut für Nuklearforschung) bewährt. In diesem Experiment wird mit Hilfe der Teilchen-Gamma-Winkelkorrelation der Reaktionsmechanismus der Pion-Kern-Streuung im Bereich der Delta-(1232) - Resonanz untersucht, siehe /OLSZ84/. Insbesondere

sollen sich dabei die Einflüsse des nuklearen Mediums auf die Wechselwirkung zwischen Pion und Nukleon zeigen, experimentell nachgewiesen und quantitativ erfasst werden. Der schematische Aufbau der Detektoranordnung ist in Fig. 5-2 dargestellt.



Figur 5-2: Detektoranordnung der Winkelkorrelationsmessung

Dabei mussten die NaJ-Detektoren (G1-6) auf konstante Verstärkung überwacht werden. Die gewonnenen Überwachungsergebnisse wurden an den Datenaufnahmerekner vom Typ PDP11/45 über ein CAMAC-Inputregister übergeben und mit den Experimentdaten zur späteren Auswertung auf dem Magnetband archiviert. Die statisch anliegende Information über Schwerpunkt und Spektrumsnummer wurden für jedes Event mitgelesen, d.h. sie sind Teil des Ereigniswortes geworden. Somit steht in der Auswertung die jeweils aktuelle Verstärkungseinstellung zur Verfügung.

Die Mastergatefunktion wurde in diesem Experimentieraufbau verwendet, um sicherzustellen, dass die Messung unter reproduzierbaren (Intensitäts-)Bedingungen abläuft. Dabei wird die Messelektronik nach einem Absinken der Strahlintensität unter das vorgegebene Limit erst freigeschaltet, wenn diese Schwelle wieder überschritten, und ein vorzugebendes Zeitintervall vergangen ist. Dadurch wird die Gefahr veränderter

Verstärkung der Detektoren und somit möglicher Eichfehler in der Auswertung erheblich reduziert.

Das Programm wurde für diese Anwendung um Teile aus dem Zählratenmonitor erweitert. Die damit aufgenommenen Zählraten erscheinen ebenfalls im Protokoll.

5.4.2. Das Riesenresonanzexperiment am KfK

Ein weiterer Einsatz des Systems fand in einem Riesenresonanzexperiment (siehe /MUEH85/) ^{90}Zr ($^6\text{Li}, ^6\text{Li}', n$) ^{89}Zr am Zyklotron des KfK (Kernforschungszentrum Karlsruhe) statt. Dabei wird durch inelastische ^6Li -Streuung der Neutronenzerfall des Riesenresonanzgebiets in ^{90}Zr direkt mit einer ^6Li -n-Koinzidenzmessung beobachtet. Ziel des Experiments ist, die relativen Verzweigungsverhältnisse des Neutronenzerfalls aus dem E2-Riesenresonanzgebiet in niedrigliegende Zustände des Kerns ^{89}Zr modellunabhängig zu beschreiben.

Die Energie des Neutrons wird indirekt über seine Flugzeit gemessen. Der Zeitnullpunkt für die Flugzeitmessung wird von der zur Teilchenbeschleunigung verwendeten Hochfrequenz von 33 MHz definiert. Um den Messbereich für die Flugzeitmessung etwas auszudehnen, werden je drei Teilchenpakete, die das Zyklotron emittiert, zu einem zusammengefasst, d.h. sie kommen mit einer Frequenz von 11 MHz am Target an. Bei der Zusammenfassung ergibt sich jedoch eine Verschiebung der Zeitbeziehung des Teilchenpaketes zum Hochfrequenzsignal. Diese Verschiebung ist über die Messperiode nicht unbedingt konstant. Daraus resultieren dann Ungenauigkeiten in der Energiemessung der Neutronen, da sich die Zeitnullpunktsdefinition mit dem HF-Signal gegen den Zeitpunkt verschiebt, zu dem das zusammengefasste Teilchenpaket das Target erreicht. Die Flugzeit des Neutrons wird hier mit einem TPC gemessen. Ein registriertes Neutron startet den TPC und das entsprechend verzögerte HF-Signal stoppt. Eine Änderung der Zeitverschiebung bedeutet also eine "Wanderung" der TPC-

Linie. Diese Wanderung wird vom Analogüberwacher erkannt, sodass der Experimentator informiert werden kann, um dies zu korrigieren.

6. Aktive Überwachung mit generierten Testimpulsen

In diesem Abschnitt soll der Teil der Überwachung beschrieben werden, der mit Testimpulsen arbeitet. In den beiden vorgestellten Komponenten werden die Testimpulse in die laufende Messung eingespeist und trotzdem soll die Beeinflussung der Elektronik klein gehalten werden, dass die eigentlichen Experimentdaten davon nicht berührt werden.

6.1. Regelung des Zeitverhaltens mit einem Delay

Im letzten Kapitel wurde die Problematik der Energiemessung von Neutronen geschildert und, dass der Analogüberwacher in der Lage ist Zeitverhalten zu überprüfen, wenn er ein Spektrum eines TPC's analysiert.

6.1.1. Testverfahren und Aufgabenbereich

Zur Überwachung von Zeitzeigen ist, wie in Kap. 2. geschildert, nicht nur die Analyse des Spektrums eines TPC's denkbar, sondern auch die Einspeisung von Testimpulsen, die aus den natürlichen Impulsen abgeleitet werden. Verknüpft man beide Gedanken, so ergibt sich folgendes Testverfahren. Bei bekannter Verschiebung der TPC-Linie und Zeiteichung des Geräts kann durch Ein/Ausfügen eines Delays in den Startzweig die Verschiebung wieder ausgeglichen werden. Um diese Aufgabe zu erledigen, stellen sich dem Programm /STAR85/ folgende Aufgaben:

- Zyklische Aufnahme des TPC-Spektrums und Berechnung des Schwerpunkts der Linie.
- Vergleich mit dem Sollschwerpunkt und eventuell Nachregelung.
- Prüfung der Nachregelung.

- Nach erfolgter Nachregelung ein Transfer der Regelgrösse an den Datenaufnahmerechner.

6.1.2. Das Regelprogramm

Auch hier bietet sich eine Zweiteilung des Programms an. Im Predialog wird vom Experimentator eine Reihe von Parametern eingegeben, wie z.B. das Delay geeicht, die zu überwachende Linie eingegrenzt und der Sollwert für die Regelung festgelegt. An den Predialog schliesst sich das eigentliche Regelprogramm an, das seine Testparameter wiederum über einen File auf der Diskette übergeben bekommt. Dieses versucht nun, die eingrenzte Linie automatisch auf den Sollwert einzuregeln. Wird im automatischen Betrieb eine Linienverschiebung berechnet, die ausserhalb des maximalen Regelbereichs liegt, schaltet das Programm in einen Handbetrieb und der Experimentator wird aufgefordert, für eine im Regelbereich liegende Zeiteinstellung zu sorgen. Der Überwachungsrechner wird für die Zeit, die zur Neueinstellung bzw. Regelung benötigt wird, die Datenaufnahme unterbrechen. Dies wird durch die Steuerung eines Gates vor dem Datenaufnahmerechner erreicht. Auf einem Grafiksichtgerät wird permanent das aktuelle Zeitspektrum dargestellt und auf Diskette und Drucker ein Protokoll erzeugt.

Der Regelalgorithmus kann auf kurzzeitige und langzeitige Schwankungen reagieren. Für die Langzeitschwankungen werden die jeweils letzten zehn Spektren in einem Ringpuffer gespeichert. Bei der Berechnung der Linie des TPC's wird eine Fehlerrechnung durchgeführt. Ein Regelschritt wird nur dann ausgeführt, wenn die Abweichung ein vorgegebenes Minimum signifikant überschreitet.

In der vorliegenden Version ist der Messeingang des Überwachungssystems nicht gemultiplext. Dies würde für jeden Zeitarm ein eigenes Delay erfordern. Die aktuelle Einstellung des Delays kann über eine parallele Schnittstelle an den Datenaufnahmerechner weitergegeben werden. Dies kann als Teil des Eventwortes auf das Magnetband geschrieben werden.

6.1.3. Einsatzbereich

Der Einsatz der Zeitregelung ist für das im letzten Kapitel beschriebene Riesenresonanzexperiment am KfK geplant. Mit diesem System soll der für die Neutronenenergiemessung wichtige Punkt der Zeitnullpunktsdefinition überwacht und korrigiert werden.

Der Rechner mit dem steuerbaren Delay kann nicht nur zur Überwachung, sondern auch im Vorfeld einer Messung Anwendung finden. Bei der Einstellung der Koinzidenzelektronik bereitet die Abstimmung der einzelnen Detektorarme einen grossen Arbeitsaufwand. Vor allem bleibt es der Erfahrung des Experimentators überlassen, eine Grundeinstellung für den Zeitabgleich zu finden, die das Fenster des angeschlossenen TPC's trifft. Die anschliessende Feinabstimmung ist i. a. leichter. Der Rechner kann nun dafür eingesetzt werden, eine 'gute' Grundeinstellung zu suchen, indem einer der beiden abzustimmenden Impulse mit dem Delay verzögert wird. Liegt die TPC-Linie mitten im Spektrum, kann der Suchvorgang abgebrochen werden und dem Experimentator die zu wählende Einstellung mitgeteilt werden. Durch Austausch der beiden Signale kann insgesamt ein Bereich von 255ns abgesucht werden.

6.2. Stabilisierung mit Leuchtdiodenpulsen

In /BARA84/ wird von einer Verstärkungsänderung von NaJ-Detektoren berichtet. Diese bereiten für die in Kap. 5. beschriebenen Pionenstreuexperimente Probleme in Bezug auf die Genauigkeit dieser Messungen. Bei eingehenderen Untersuchungen stellte sich heraus, dass der instabile Faktor in dem Detektorsystem der Photomultiplier und die Basis ist. Eine Verkleinerung der Schwankungen konnte durch einen höheren Querstrom in der Spannungsteilerkette erreicht werden. Aber auch damit sind die Probleme nicht zufriedenstellend

gelöst. Zur weiteren Verbesserung bietet sich die Überwachung dieser Detektoren an /ORZE85/. Um nun aus der Überwachung quantitative Ergebnisse zu erhalten, werden Testimpulse verwendet. Diese Testimpulse werden von zwei Leuchtdioden erzeugt. Dieses übliche Verfahren, um Testlinien in Spektren von Photomultipliern zu erzeugen, wurde für den Rechneranschluss erweitert.

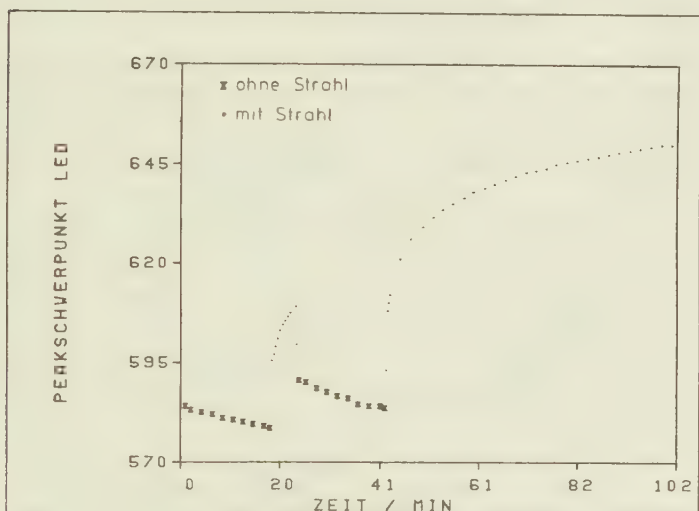
6.2.1. Testverfahren

Zur Einspeisung der Testimpulse werden zwischen dem NaJ-Kristall und dem Photomultiplier die gegen Tageslicht abgeschirmten Leuchtdioden eingebaut. Ein sehr kurzer Spannungsimpuls aus einem an jede Diode angeschlossenen Impulsgenerator bringt sie zum Leuchten (siehe dazu /FRAN83/). Der Photomultiplier registriert diesen Lichtblitz. Durch die Vorgabe der Impulslänge kann die Lichtmenge, also die Lage der durch die Leuchtdiode im Photomultiplierspektrum erzeugten Linie beeinflusst werden. Damit ist es möglich, diese Linie in einen freien Bereich des Spektrums zu legen, und die spätere Wiedererkennung ist ebenfalls gewährleistet.

Mit einer dieser Leuchtdioden, die mit konstanter Frequenz betrieben wird und deren Linie im Spektrum in der Nähe der gemessenen Gammalinien liegt, kann die Schwankung der Verstärkung absolut erfasst werden, da sie als Referenzlinie dienen kann. Die zweite eingebaute Leuchtdiode liegt in ihrer 'Energie' fest und als deren freier Parameter kann die Frequenz der Testpulserzeugung vorgegeben werden. Bei veränderter Belastung des Multipliers, z.B. bei kurzzeitigen Abschalten des Beschleunigerstrahls, kann die Frequenz dieser Leuchtdiode erhöht werden. Damit kann für eine gleichmässige Belastung von Photomultiplier und Basis gesorgt werden. Dadurch können Verstärkungsschwankungen, die auf die Belastung der Basis zurückzuführen sind, ausgeglichen werden. Fig. 6-1 zeigt qualitativ die Verstärkungsschwankungen über der Zeit. Bei den Untersuchungen stellte sich heraus, dass die Änderungen der Verstärkung individuell vom Detektor abhängen.

Die in Fig. 6-1 gezeichneten Schwankungen wurden durch kurzzeitiges Abschalten des Beschleunigerstrahls verursacht. Voruntersuchungen zeigen, dass eine Stabilisierung der Belastung eines Detektors die Verstärkung auf einer waagrechten Kurve hält und die Beeinflussung des Experiments durch die Testimpulse gering bleibt. Somit kann ein Abschalten der Messung während der Regelzeiten unterbleiben.

Sollten ausser den auf die Belastung zurückzuführenden Schwankungen noch weitere auftreten, so kann der Rechner versuchen sie durch die Hochspannung der Basis auszugleichen. Diese Stelle eignet sich besonders gut für Regeleinriffe, da dort eine kleine Änderung durch die nachfolgenden Verstärker ebenfalls mitverstärkt wird. Um die Hochspannung



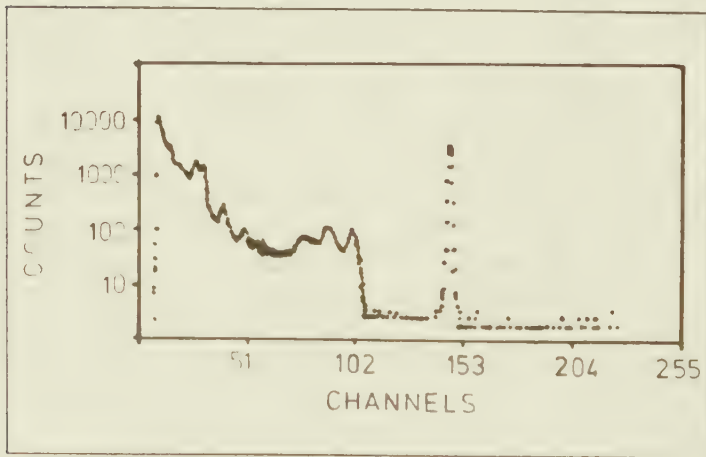
Figur 6-1: Verstärkungsschwankungen eines NaJ-Detektors

zu verändern, ist entweder eine regelbare Versorgungseinheit nötig oder, mit einer Einschränkung des Regelbereichs, ein z.B. mit einem Schrittmotor verstellbarer Spannungsteiler. Das beschriebene Verfahren zeichnet sich dadurch aus, dass es für die Testimpulseinspeisung eine Stelle verwendet, die

am weitesten vom Datenaufnahmerechner entfernt liegt. Dadurch besteht die Möglichkeit, durch die Testimpulse das ganze Detektorsystem einschliesslich Nachfolgeelektronik zu stabilisieren.

6.2.2. Aufgabenbereich des Regelprogrammes

Das Programm hat, um diese Ziele zu erreichen, folgende Aufgaben durchzuführen. An einem Zähl Eingang wird die aktuelle Rate am Photomultiplier gemessen. Weicht diese vom vorgegebenen Wert ab, so wird die Frequenz des einen Pulsgegenerators geändert, bis der Sollwert wieder erreicht ist. Zur Überwachung der Verstärkung wird ein Spektrum analysiert,



Figur 6-2: Spektrum mit eingespeister Ledlinie

wobei die Linie der ersten Leuchtdiode überwacht wird. Dies ermöglicht nun auch die Überwachung kontinuierlicher Spektren. Wird eine Schwankung festgestellt, kann die Hochspannung nachgeregelt werden. Nach erfolgten Änderungen wird die entsprechende Information an den Datenaufnahmerechner übertragen und auf dem Protokoll erscheint die Benutzerinformation.

Für dieses Programm sind als Parameter die Lage der Ledlinie im Spektrum und die Gesamtzählratenbelastung vorzugeben. Diese werden, wie beim Analogüberwacher, in einem Vorlauf des Überwachungs- und Regelteils festgelegt. Pro Detektor wird jeweils die vollständige Ausrüstung, d.h. Ledpuls-generatoren und Hochspannungsregler benötigt. So können unter Einsatz des 8 zu 1 Analogmultiplexers bis zu 8 Detektorsysteme stabilisiert werden.

Für die Durchführung der Stabilisierung muss ein Hochspannungsregler gebaut werden. Geplant ist ein Spannungsteiler mit angeschlossenem Schrittmotor. Zur Verfügung stehen der Ledimpulsgeber und die Schrittmotorsteuerung. Der Ledimpulsgeber bekommt vom Rechner die Frequenz über entsprechende Triggerimpulse vorgegeben. Die Amplitude, entsprechend der Lichtmenge, kann von Hand eingestellt werden: Dies ist für jedes Spektrum nur einmal am Anfang der Stabilisierung nötig und wurde deswegen nicht dem Rechner übertragen.

Der Einsatz der Stabilisierung ist für das Pionenstreuexperiment am SIN vorgesehen.

7. Automatisierung von Messverfahren

7.1. Allgemeine Gesichtspunkte

Der vorgestellte Mikrorechner mit seiner Vielzahl von Schnittstellen eignet sich nicht nur zur Überwachung, sondern kann auch zur Automatisierung eingesetzt werden. Durch die komfortablen Programmiermöglichkeiten kann ein Automatisierungsprogramm in vertretbarer Zeit auch von Nichtfachleuten erstellt werden. Typische Anwendungsfälle liegen in Messverfahren, in denen mehrere Geräte synchronisiert werden müssen, bzw. wenn die in der Messung eingesetzten Geräte eine Steuerung erfordern. Der Einsatz des Mikrorechners macht solche Messabläufe z.T. wegen der sicheren und schnellen Abstimmung der Komponenten erst möglich. Weiterhin eröffnet er die Möglichkeiten der maschinellen Datenspeicherung und bringt einen erheblichen Zeitvorteil. In der Automatisierung solcher Messverfahren scheint es sinnvoll, den Mikrorechner primär zur Steuerung und Synchronisation einzusetzen. Zur Erfüllung dieser Aufgaben kann er sich intelligenter Geräte (z.B. computersteuerbarer Vielkanalanalysatoren) bedienen. Dies hat den Vorteil, dass Gewöhnungs- und Akzeptanzprobleme minimiert sind, da den Experimentatoren vertraute Geräte zum Einsatz kommen. Die gewonnenen Rohdaten können entweder sofort ausgewertet und in eine aussagekräftige Ergebnisdarstellung umgerechnet werden oder in einer aufbereiteten Form an den Datenaufnahmerechner transferiert werden. Dort kann die i. a. umfangreichere Standardperipherie bzw. Programmsammlung z. B. zur Erstellung von Histogrammen ausgenutzt werden. Weitere allgemeine Vorteile sind:

- Es gibt eine zentrale Bedienstation, das Terminal des Mikrorechners.
- Zur Durchführung der Messung ist weniger Personal erforderlich.
- Die Einarbeitung neuer Experimentatoren wird einfacher, da zur Durchführung der Messung der Rechner zu bedienen ist. Durch die Führungsrolle ist eine Anleitung des Bedieners

möglich.

- Das Fehlbedienungs- oder Zerstörungsrisiko der Messgeräte wird weit geringer. Der Rechner kann die Durchführbarkeit der eingegebenen Befehle überprüfen.
- Die Reproduzierbarkeit auch von komplizierten Abläufen ist gewährleistet.
- Die Verschaltung der einzusetzenden Geräte wird einfacher und somit steigt die Übersichtlichkeit des Aufbaus.
- Die meist im Vorfeld oder in der Einstellphase durchgeführten Messungen können parallel zu anderen Einstellungen stattfinden, da der Datenaufnahmerechner nicht gebraucht wird.

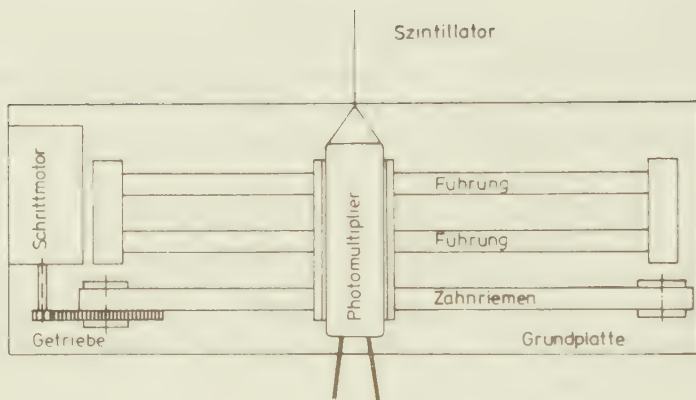
7.2. Vermessung des Beschleunigerstrahls

7.2.1. Wobbling am SIN

In dem in Kap. 5.4.1. beschriebenen Pionenstreuexperiment sollten einige Parameter des Strahls unter Einsatz des später zur Überwachung eingesetzten Mikrorechners vermessen werden. Der dazu konstruierte sog. Wobbler ist in Fig. 7-1 dargestellt.

Er besteht aus einem Detektor, der auf einem mit einem Schrittmotor angetriebenen Schlitten montiert ist. Der Detektor ist ein Photomultiplier mit einem angekoppelten 200µm breiten Szintillator, der mit dem Schlitten quer durch den Strahl gefahren werden konnte. Die Anordnung wurde hinter dem Target (Detail W in Fig. 5-2) aufgestellt.

Die hier traditionellerweise eingesetzten Drahtkammern sind in ihrer Auflösung (ca. 1mm) und in der möglichen Zählrate der oben beschriebenen Anordnung (Auflösung ca. 200µm) unterlegen. Desweiteren ist für eine Drahtkammer eine Ausleseeinheit mit angeschlossener Decodierung nötig. Auch ist der Wobbler gegenüber einer Kammer leicht mit einem Theodolith einmessbar. Mit genügend grossen Bewegungsbereich kann der Wobbler bei der Messung aus dem Strahl gefahren werden und



Figur 7-1: Aufbau des am SIN eingesetzten Wobblers

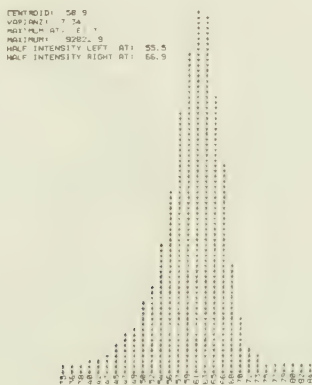
beeinflusst sie nicht. Eine Kammer müsste dazu demontiert werden.

Die Aufgabe des Rechners besteht darin, den Schlitten um eine vorzugebende Schrittzahl zu bewegen und an dieser Stelle die Zählrate zu messen. Nachdem der Bereich abgefahren ist, wird am angeschlossenen Graphikbildschirm eine Intensitätsverteilung, z.B. das Strahlprofil, dargestellt. Mit der Kenntnis der absoluten Position des Szintillators und durch die Möglichkeit von Koinzidenzschaltungen mit anderen Komponenten wird von diesem Gerät ein weiterer Bereich von Fragestellungen abgedeckt, vor allem bezüglich Justage und Orientierung der restlichen Detektoranordnung. Die längeren Messzeiten, da nicht alle Orte gleichzeitig aufgenommen werden können, werden durch die erreichte Präzision und Flexibilität ausgeglichen. So konnten mit Hilfe des Wobblers folgende Informationen gewonnen werden:

- Die Position des Beschleunigerstrahls am Target konnte absolut bestimmt werden.
- Die NaJ-Detektoren wurden auf diese Strahlposition orientiert
- Der von den NaJ-Detektoren erfasste Raumwinkel ist quantitativ bestimmbar.

Bei einer neuen Winkelstellung des nachfolgenden Spektrometers verändert sich i. a. die Lage der Teilchenbahn für die es maximale Akzeptanz hat, die Spektrometerachse. Dies ist auf Grund mechanischer Unzulänglichkeiten und wegen des Gewichts dieser Anordnung nur schwer zu vermeiden. Der Experimentator kennt den Schnittpunkt der Spektrometerachse mit dem Target. Bei einer Änderung der Achse verschiebt sich dieser Schnittpunkt (typisch einige mm). Um nun das Spektrometer gut auszunutzen wird der Strahl bei den einzelnen Winkelstellungen auf den Schnittpunkt einreguliert. Ein Änderung der Position des Strahlflecks bedeutet aber eine Änderung des Raumwinkels der NaJ-Detektoren. Mit dem Wobbler kann bei einer neuen Winkelstellung die neue Strahlposition ausgemessen werden. In der Auswertung ist dann der jeweils aktuell abgedeckte Raumwinkel bekannt und ein Nachjustieren der NaJ's kann entfallen. So führt bei der gegebenen Geometrie eine Änderung von 1cm in der Strahlposition zu einer Änderung von 8% im Raumwinkel. Mit der Kenntnis des Raumwinkels ist ein Anteil des systematischen Messfehlers bekannt und kann in der Auswertung berücksichtigt werden.

- Die Justage der anderen Detektoren z.B. S2 (vgl. Fig. 5-2) wurde mit dem Wobbler überprüfbar.

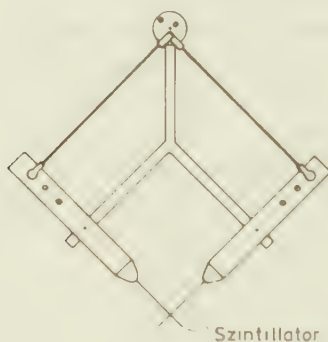


Figur 7-2: Spektrum des Wobblers

- Dies ist von aussen nicht ohne weiteres möglich, da die Szintillatoren in einem grossen Lichtleiter montiert sind und somit deren Position nicht erkennbar ist. Mit einer Koinzidenzschaltung Wobbler*S2 kann die Stellung des S2-Detektors bestimmt werden. Ein solches Spektrum ist in Fig. 7-2 dargestellt.
- Der Datenaufnahmerechner rekonstruiert aus der Kammerinformation den Reaktionspunkt im Target. Mit der bekannten Wobblerposition konnte der dafür verwendete Algorithmus überprüft und geeicht werden, was vorher nur mit erheblichen Aufwand möglich war.

7.2.2. Wobbling im Experiment PS185

Auch im Experiment PS185 am CERN wurde zur Strahldiagnose ein Wobbler eingesetzt. Dieser hatte das in Fig. 7-3 dargestellte Aussehen.



Figur 7-3: Aufbau des Wobblers

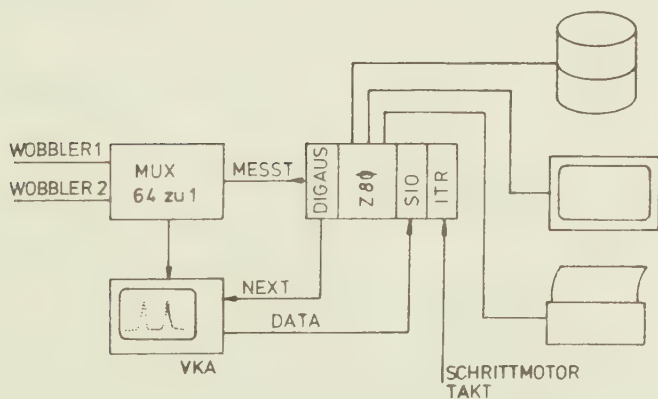
Der Wobbler besteht aus zwei 200 um dünnen Szintillatoren, deren Photomultiplier in einem drehbarem Rohr montiert sind. Die beiden gegeneinander versetzten Rohre werden von je

einem Exzenter bewegt. Die Exzenter sind in einer von einem Schrittmotor angetriebenen Scheibe gelagert. Bei einer Umdrehung der Scheibe überstreichen die Szintillatoren zweimal das gleiche Kreissegment. Die Grösse des Segments bzw. der Winkel pro Schritt war durch verschiedene Ansetzpunkte für die Exzenter in drei Stufen wählbar.

Der Wobbler wurde am gleichen Rahmen wie die Drahtkammern befestigt, sodass die Szintillatoren sich unmittelbar vor dem SO (vgl. Fig. 4-6) bewegten.

Mit diesem Gerät wurde im Experiment die Diagnose und Justage des Strahls durchgeführt. Die Aufgabe des Rechners bestand darin, unter Zuhilfenahme eines Vielkanalanalysators vom Typ ORTEC 7150 das Intensitätsprofil des Strahls in zwei Dimensionen zu messen.

Dazu wurde der in Figur 7-4 dargestellte Aufbau verwendet. Der Vielkanalanalysator wurde im Multiscalarmode betrieben. In diesem Betriebsmodus zählt er die eingespeisten Impulse in den jeweils eingestellten Kanal ein. In den nächsten Kanal wird er durch einen Impuls von Rechner weitergeschaltet.



Figur 7-4: Schematischer Aufbau zur Strahlprofilmessung

Die erwünschte Darstellung des Strahlprofils sollte je eine Dimension entsprechend einem Wobblerarm in einer Hälfte des VKA-Displays erzeugen. Um eine genügende Präzision zu erreichen, sollte es möglich sein, mehrere Umdrehungen des Wobblers aufzusummieren. Um mechanische Ungenauigkeiten auszuschliessen soll nur die jeweilige Abwärtsbewegung eines Szintillators zur Messung benutzt werden.

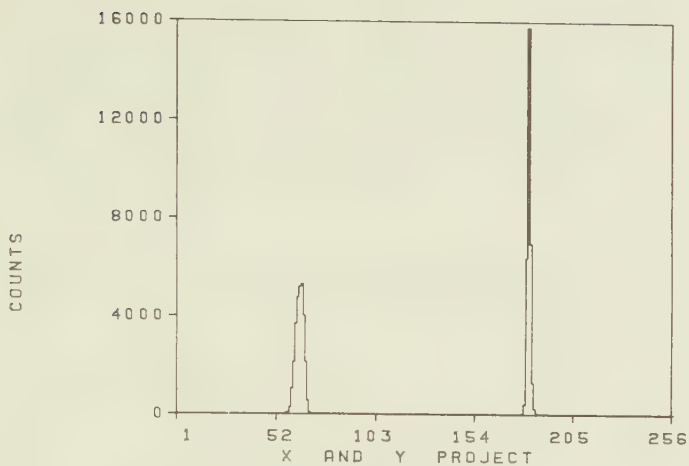
Ein Messzyklus besteht nun darin

- den Schrittmotor zu steuern und nach jeweils einer bestimmten vorgebbaren Schrittuntersetzung den VKA einen Kanal weiterschalten,
- nach der Hälfte des Displays den zweiten Wobblerarm mit dem Multiplexer auf den VKA-Eingang legen und
- nach einer ganzen Umdrehung auf den ersten Wobblerarm zurückzuschalten.

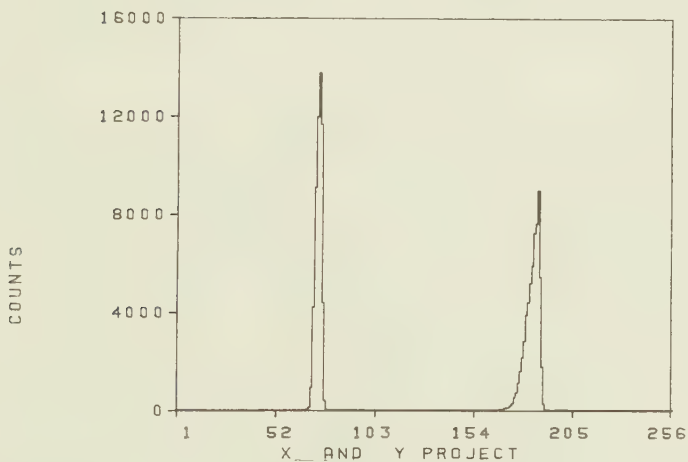
Das verwendete Programm passte die verschiedenen Einzelteile einander an. So braucht der Schrittmotor 960 Schritte für eine Umdrehung. Auf dem Vielkanaldisplay sollten 512 Kanäle aufgelöst werden. Dafür wurden je 240 Schritte des Motors mit dem VKA gemessen, dann 16 Leerschritte angeschlossen und auf den zweiten Wobblerarm umgeschaltet. Nachdem der zweite Wobblerarm 240 Kanäle lang eingezählt war, 448 Schritte des Motors abgewartet und dann auf den ersten Arm zurückgeschaltet. Die Leerschritte dienen zum Erreichen der für jeden Zyklus gleichen Anfangsposition. Der VKA kehrt automatisch bei Kanal 513 auf Kanal 1 zurück.

Am Anfang der Messung wurde der Wobbler auf das Target eingemessen und der entsprechend sensitive Bereich festgelegt. Leerschritte wurden vom Programm durch Abschaltung des am VKA-Eingang liegenden Ausgangs des Multiplexers erreicht.

Während der Messung konnte der Bediener am VKA alle Funktionen frei bedienen, wie z.B. Expandieren, Löschen etc. Nach der Messung kann das Programm die im VKA gespeicherten Daten über eine serielle Schnittstelle empfangen und auf Diskette abspeichern. In den Fig. 7-5 und 7-6 sind zwei mit dem Wobbler gemessene Profile des Strahls dargestellt.



Figur 7-5: LEAR-Strahlprofil am Ort des Targets von PS185



Figur 7-6: LEAR-Strahlprofil 22 cm strahlabwärts

Die mit dem Wobbler gewonnenen Informationen waren die ersten Messungen mit dieser Präzision (bisher mit Drahtkammern mit 1mm Auflösung) am LEAR und stellten in eindrucksvoller Weise die von den Konstrukteuren vorausgesagten guten Strahleigenschaften unter Beweis. So kann der Fig. 7-5 entnommen werden, dass der Antiprotonenstrahl am Targetort in x-Richtung eine Halbwertsbreite von 0.3 mm und in y-Richtung von 1.2 mm hat. Aus 7-6 kann entnommen werden, dass die Divergenz in y-Richtung wesentlich stärker ist als in x. Die in einer Richtung stärkere Divergenz liegt am Beam-splitting des LEARs, wodurch bis zu drei Experimente gleichzeitig versorgt werden können. Vor allem im Experiment PS185 werden wegen des geringen Targetdurchmessers von 2,5 mm die guten Strahleigenschaften gebraucht. Mit dem Wobbler in Zusammenarbeit mit dem schon beschriebenen Beamdisplay konnten die Parameter des Strahlablenkungs- und Fokussierungssystems optimal für die Messung angepasst werden. Da zur Messung die Detektoranordnung um den Abstand Target Wobbler verschoben wurde, konnte das Strahlprofil am Targetort gemessen werden. Bei einer Strahlanalyse mit den bisher verwendeten Drahtkammern konnte nur in 30 cm Abstand gemessen werden und anschliessend musste auf die Targetposition extrapoliert werden.

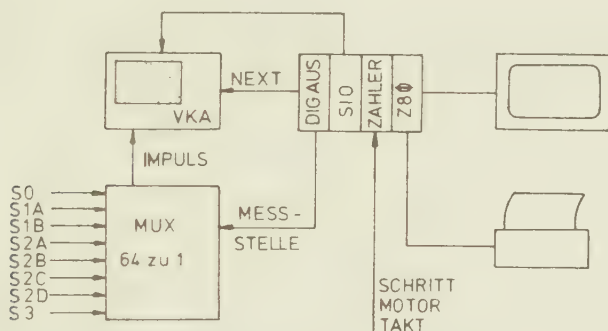
Nach erfolgter Strahloptimierung wurde während der Lambda-Messung der Wobbler mit dem Schrittmotor in eine Position ausserhalb des Strahls gefahren, um störende Einflüsse zu vermeiden. Bei verschlechterten Strahleigenschaften war die Vorrichtung sofort wieder einsatzbereit.

7.3. Targetscan im Experiment PS185

Wie in Fig. 4-6 dargestellt besteht das Targetsystem aus 8 Komponenten. Die 4 Viertel des S2, der S3, S1a, S1b und S0. Diese müssen genau aufeinander justiert werden, z. B. muss der 3mm grosse Szintillator S3 das 2.5 mm grosse Target für

die korrekte Vetofunktion vollständig abdecken. Die Justage der einzelnen Szintillatoren aufeinander wird erschwert, da diese in einem gegen Tageslicht abgedichteten Lichtleiter montiert und so von aussen nicht erkennbar sind. Die Justierung wird aber erkennbar, wenn das gesamte Targetsystem in zwei zueinander senkrechten Richtungen durch den Strahl bewegt wird. Zu diesem Zwecke ist das Targetsystem auf einem Schlitten montiert, der mit Schrittmotoren in drei Dimensionen beweglich ist.

Ohne den Rechner wäre je eine Messung pro Targetkomponente und Richtung nötig. Dies würde lange Zeit erfordern.



Figur 7-7: Schematischer Aufbau zum Targetscan

Zur simultanen Messung aller Targetkomponenten wurde der in Fig. 7-7 dargestellte Aufbau eingesetzt. Der VKA wurde wieder im Multiscalarmode betrieben. An den Eingängen 1 bis 8 des Multiplexers wurden Zählraten der Targetteile eingespeist. Nach einer vorgegebenen Anzahl von Motorschritten wurde die nächste Targetkomponente in den nächsten Kanal des VKA eingezählt. Dadurch entstand auf dem Display des VKA ein Bild mit 8 Kurven. Für eine Richtung wurden 512 Kanäle verwendet, sodass im gesamten VKA-Speicher beide Richtungen gespeichert werden konnten. Nach der Messung konnte der

Rechner die VKA-Daten übernehmen und auf Diskette abspeichern. Aus den Daten konnte auf dem Drucker ein für diesen Zweck in seiner Auflösung ausreichender Paperplot erzeugt werden. Aus dem Paperplot und der Schrittlänge konnte eine eventuell nötige Nachjustierung schnell quantitativ abgelesen werden. In Fig. 7-8 ist ein solcher Paperplot wiedergegeben.



Figur 7-8: Plot eines Targetscans

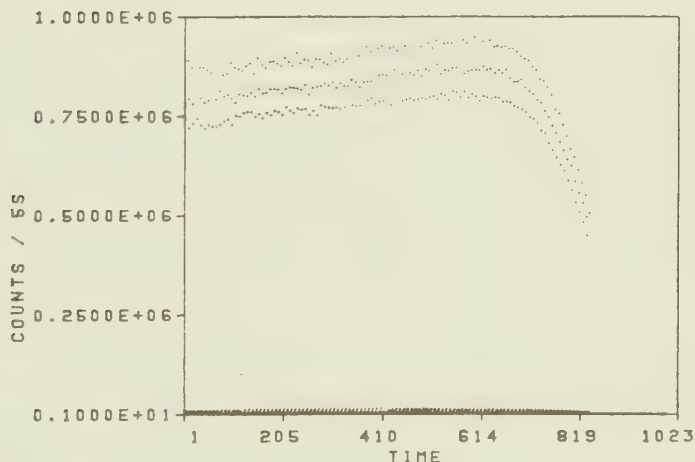
Dabei bedeuten:

- Kurve Nummer 1: S0
- Kurve Nummer 2: S1a
- Kurve Nummer 3: S1b
- Kurve Nummer 4: S2-1
- Kurve Nummer 5: S2-2
- Kurve Nummer 6: S2-3
- Kurve Nummer 7: S2-4
- Kurve Nummer 8: S3

Man erkennt die 8 Intensitätsverteilungen, die sich bei der Bewegung durch den Strahl ergeben. Die hier abgebildete Messung repräsentiert die entgültige Justage des Targets für die erste Lambda-Messung. Man sieht, dass die Targetkomponenten bis auf Abweichungen von 0.1 mm aufeinander justiert sind und der S3-Szintillator das Target (erkennbar an abfallenden Flanken der S2-x) voll abdeckt.

7.4. Zeitscan im Experiment PS185

Mit der im vorigen Abschnitt beschriebenen Apparatur und Programm wurden parallel zur Messung einige Intensitätsprofile über einen Extraktionszyklus des LEAR's aufgenommen.



Figur 7-9: Intensität des LEAR-Strahls über einen Spill

Dazu schaltet das Programm die einzelnen Targetzähler abwechselnd in festen Zeitintervallen auf den VKA. In Fig. 7-9 ist die Intensität auf den Targetzählern über einen Spill dargestellt.

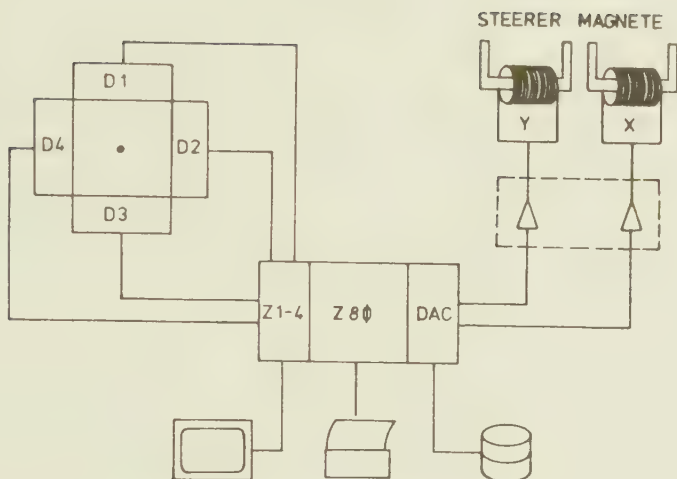
Man sieht, dass am Anfang eines Spills die Antiprotonenrate auf einen Maximalwert ansteigt und gegen Ende des Spills, nach etwa einer Stunde, stark absinkt, innerhalb aber relativ konstant bleibt. Aus den Verhältnissen der Zählraten auf den einzelnen Zählern kann ausserdem noch Information über die Strahlage am Target gewonnen werden.

7.5. Strahlstabilisierung mit Zählraten

In den Messungen des Experiments PS185 wurde mit dem Beamdisplay festgestellt, dass der Beschleunigerstrahl im Laufe eines Tages seine Position am Target ändert. Dies wurde durch ein entsprechendes manuelles Nachregeln der Strahlführungsmagneten korrigiert. Um eine feste Position des Strahls am Target sicherzustellen, wurde ein Programm entwickelt, das automatisch solche Schwankungen der Strahlage erkennt und ausgleicht, siehe /MUEL85/.

Es misst periodisch Zählraten von symmetrisch um das Target angeordneten Detektoren. Bei einer Asymmetrie der Zählraten kann mit Hilfe von Steerermagneten der Strahl in zwei Dimensionen abgelenkt werden, sodass der Strahlfleck am Target stabil bleibt. Eine schematische Darstellung der Anordnung ist in Fig. 7-10 abgebildet.

Für die Strahlstabilisierung musste ein Umsetzer gebaut werden, der eine vom Rechner über einen DAC vorgegebene Referenzspannung in eine proportionale hoch belastbare Spannung wandelt. Durch den vorgegebenen Widerstand der Magnetspule wird ein zur Referenzspannung proportionaler Strom erzeugt. Die Wandlung ist mit dem Gerät in weiten Bereichen möglich, womit eine genügende Ablenkung des Strahls auch bei hohen Energien möglich ist.

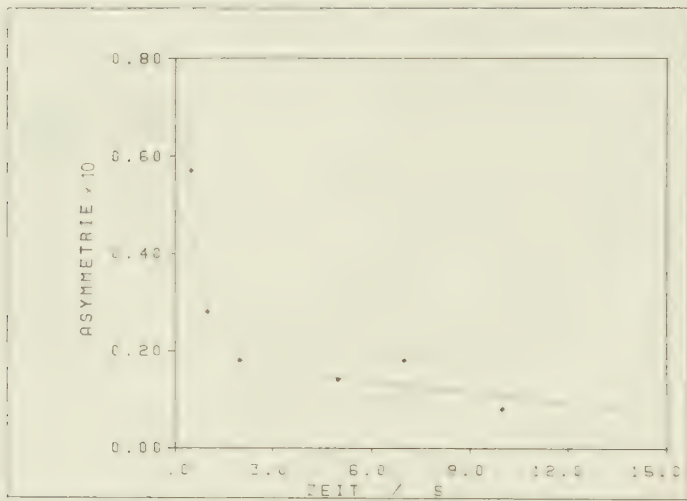


Figur 7-10: Schematische Darstellung des Strahlstabilisators

Dem Programm wird beim Start mit einer Handsteuerung die Sollposition und der maximale Regelbereich vorgegeben. Die Übertragungsfunktion wird ausgemessen und ein Polynom dritten Grades an die Asymmetriewerte angefitet. Der anschließend einsetzende Regelalgorithmus kann lineare, aber auch stark nichtlineare Übertragungsfunktionen bearbeiten.

Die Tests am Erlanger Tandembeschleuniger zeigten eine zufriedenstellende Funktion, bei einer typischen Ausgleichszeit von Störungen der Strahlage von kleiner 1 min. Als begrenzender Faktor stellte sich die Summe aus der Wartezeit für die vorzugebende statistische Genauigkeit, Einstellzeiten der Magneten und die Zeit zur Berechnung der Regelantwort heraus. Den Einfluss der Messzeit auf die stabilisierte Strahlposition zeigt Fig. 7-11.

Dort ist auf der Ordinate die Asymmetrie, die proportional der Abweichung von der Sollage ist, aufgetragen, auf der Abszisse das Zeitintervall zur Messung der Zählraten. Man sieht, dass eine Zählzeit kleiner als 1s zu grossen Schwankungen in der Strahlage führt. Bei längeren Zeiten wird die



Figur 7-11: Strahlposition in Abhängigkeit von der Zählzeit.

Strahlposition innerhalb der von der statistischen Genauigkeit vorgegebenen Grenzen fixiert.

Der Einsatz des Systems ist im Experiment PS185 vorgesehen. Dort soll damit der vergleichsweise teure Antiprotonenstrahl optimal genutzt werden können. Der in Figur 7-11 gezeichnete Detektoraufbau ist in diesem Experiment durch die S2-Szintillatoren (vgl. Fig. 4-7) realisiert. Ausserdem ist hier eine starke Nichtlinearität in der Übertragungsfunktion zu erwarten, wenn der Strahl in einen der S2-Detektoren trifft.

8. Erfahrungen und Ergebnisse

Unabhängig von der konkreten Überwachungs- oder Automatisierungskomponente kann aus den bisherigen Einsätzen die Aussage getroffen werden, dass die Qualität der mit Überwachung gewonnenen Daten besser ist. Das bedeutet eine höhere Genauigkeit und wesentlich mehr Information über die Randbedingungen bei der Datenaufnahme. Somit wird eine präzisere und weiter abgesicherte Interpretation der Experimentdaten möglich.

Das Anwendungsfeld der Überwachungseinrichtung ist nicht auf die in dieser Arbeit beschriebenen Einsätze beschränkt. Sie können jedoch als repräsentativ für die Klasse der kern- und teilchenphysikalischen Experimente angesehen werden.

In den nächsten Abschnitten werden die Ergebnisse im einzelnen geschildert.

8.1. Die Werkzeuge

Die mit dem Mikroprozessorsystem in mehreren Anwendungen gemachten Erfahrungen zeigen, dass die ausgewählte Hard- als auch Software für die Zwecke der Überwachung und Laborautomatisierung gut geeignet sind. Allerdings zeigen sich auch die Grenzen des Systems.

8.1.1. Der Mikrorechner

Als hauptsächliche Grenze erwies sich bei den Anwendungen das auf 64 kB begrenzte, direkt adressierbare Speichervolumen des 8 Bit Prozessors. So wird für eine Überwachungs- (digital, analog oder Zeit) oder Steuerungsaufgabe je ein Mikroprozessorsystem benötigt. Zwei Aufgaben gleichzeitig überschreiten die Speicherkapazität des Rechners.

Als eine weitere Grenze stellte sich bei der Zählratenüberwachung die Anzahl der Steckplätze im Rahmen und die mög-

liche Anzahl zu adressierender Hardwarebausteine, hier Zähler, heraus. Die angebotene Zahl von Messtellen überdeckt jedoch einen weiten Bereich der möglichen Anwendungen. Bei der Analog- und Zeitüberwachung wird durch die hohe Datenrate des ADC's der Prozessor vollständig ausgelastet. Bei diesen beiden Überwachungsaufgaben kann zwar wenig parallel zur Datenaufnahme erledigt werden, aber bei hoher Datenrate ist die für die weiteren Berechnungen nötige statistische Genauigkeit schnell erreicht, sodass die Überwachungsdatenaufnahme während der anschließenden Rechnungen abgeschaltet werden kann.

Bei den beschriebenen Laborautomatisierungsaufgaben und bei der Strahlstabilisierung werden keine Grenzen des Systems berührt. Vielmehr muss der Rechner oft lange Messzeiten bis zum Erreichen der geforderten Präzision abwarten.

Unabhängig von den genannten Grenzen zeigte sich eine Vielzahl von Vorteilen. So stellte sich heraus, dass

- die Rechenleistung und Betriebssicherheit des Mikrorechners die Erwartungen voll erfüllt.
- mit den verfügbaren Schnittstellen die in der Überwachung und in der Laborautomatisierung auftretenden Probleme gelöst werden können. Vor allem in der Laborautomatisierung können die mittlerweile häufiger mit Steuerungseingang angebotenen Geräte direkt an den Rechner angeschlossen werden, sodass sich dadurch die Möglichkeit eröffnet, durch die Zusammenfassung und Steuerung mehrerer Einzelgeräte ein der Problemstellung angepasstes, intelligentes 'Messwerkzeug' zu erstellen (siehe z. B. Wobbler). Die mit der Steckkartentechnik erreichte Flexibilität und die angebotene Vielfalt der Schnittstellen machen es leicht, den Mikroprozessor für die Problemlösung zu konfigurieren.
- das System leicht transportabel ist und je nach Bedarf an die einzelnen Experimente gebracht werden kann ("Reisephysik").
- die Anpassung der Schnittstellen der gekauften Hardware an die Gegebenheiten der physikalischen Experimentiertechnik unproblematisch ist.
- die aus der Modularität folgende Durchsichtigkeit des

- Systems zu einer schnellen Gewöhnung und Akzeptanz führt.
- die angeschlossenen Peripheriegeräte, wie Drucker, Floppy-Disk, ausreichende Schnelligkeit bzw. genügende Speicherkapazität bieten.
 - durch die Rechnerkopplung leicht ein Datentransfer an andere Rechner durchgeführt werden kann, um dort z. B. eine weitere Datenauswertung mit den gängigen Auswerteprogrammen zu machen.
 - der Rechner auch für allgemeine, im Labor anfallende, Aufgaben (z. B. Dokumentation) ein gutes Hilfsmittel ist.

Die Erfahrungen mit der Betriebs- bzw. Störsicherheit des hier eingesetzten Bussystems sind durchweg gut. Es konnte bisher eine Verfügbarkeit der Rechner von grösser 99% festgestellt werden. Dies ist vor allem durch die Verwendung von gängigen integrierten Schaltkreisen (TTL) gewährleistet. Auftretende Funktionsfehler können von Laien durch Austausch beseitigt werden.

8.1.2. Die Programmiersprache

Die Programmiersprache PEARL ist für die bei der Überwachung auftretende Mischung aus Prozesssteuerung und Auswertung bestens geeignet. Viel Aufwand bedeuteten bei der Programmierung die Anstrengungen für Sicherungsmassnahmen gegen Fehlbedienungen. Aber auch dieser Bereich lässt sich mit PEARL gut lösen.

Die Sprache ermöglichte eine kurze Einarbeitungszeit, leichte Erlernbarkeit und somit ein geringen Zeitaufwand zur Realisierung solcher intelligenter 'Messwerkzeuge'.

8.1.3. Die Spezifikationsmethode

Die ausgewählte Spezifikationsmethode und die Programmiersprache PEARL ergänzen sich gut. Vor allem kann festgestellt

werden, dass mit dieser Methode eine geschlossene Darstellung des Überwachungs- und Automatisierungssystems einschliesslich der Hardware möglich wird. Im Einzelnen wurden bei der Anwendung der Spezifikationstechnik folgende Erfahrungen gemacht:

- Sie ist für Nichtinformatiker durch die wenigen, verwendeten graphischen Elemente, mit vertretbarem Zeitaufwand erlernbar.
- Sie ermöglicht eine übersichtliche Darstellung der Hardware und Software in einer einheitlichen Technik, die dem Problem gewachsen und angemessen ist.
- Die vollständige Spezifikation eines Programmes enthält viel Redundanz -- dies wird als Vorteil gewertet.
- Sie ermöglicht die Darstellung eines verteilten Programmes in übersichtlicher Form. Durch die Darstellung von Hard- und Software wird eine Beschreibungsmethode für ein verteiltes System unumgänglich, da eine Verteilung der Prozesse schon durch die Aufteilung in diese Klassen gegeben ist.
- In vielen Fällen kann die vorhandene Spezifikation direkt in Code umgesetzt (editiert) werden.

8.2. Erfahrungen aus den Einsätzen

In den bisherigen Einsätzen des Überwachungssystems wurden eine Fülle von Fehlern entdeckt und gezeigt, das sich durch die Verwendung der natürlichen Impulse der Bereich, der überwacht werden kann, auf das ganze Experiment ausdehnt (vgl. Kap. 2.3.3.). Im folgenden ist zur Demonstration eine Auswahl von Fehlfunktionen aufgelistet.

In den Winkelkorrelationsmessungen am Tandembeschleuniger wurden u.a. folgende Fehler entdeckt:

- Einer der Diskriminatoren der dE-Detektoren änderte seine Schwelle, sodass sie im Detektorrauschen lag (sprungartige Erhöhung der Zählrate).
- Einer der dE-Detektoren fiel während der Messung aus (Zählrate sehr niedrig).
- Verschaltungsfehler: Während der Messung wird die Datenaufnahme des öfteren unterbrochen, um ein freies Spektrum (ohne Koinzidenzbedingungen) aufzunehmen. Dazu sind geringe Änderungen in der Elektronik notwendig. Diese müssen zur Fortsetzung der Datenaufnahme aber wieder rückgängig gemacht werden. Dort gemachte Fehler in der Rückverkabellung wurden ebenfalls festgestellt (Zählrate 0).
- Ausfall eines Überraschens (Zählrate 0 an mehreren Stellen).
- Drift einer Schwelle (grosse Schwankung der normierten Zählrate).
- Änderung der Strahlposition bzw. Strahlintensität am Target (konstante Ab- bzw. Zunahme der absoluten Zählrate).
- Abnahme der Targetdicke bei konstanter Strahlposition (Abnahme der normierten Zählrate).

In der Messung an ^{32}S war es anhand der Überwachungsergebnisse überhaupt erst möglich, die für die Auswertung der Messdaten nötige Norm zu rekonstruieren. Ohne den Einsatz des Überwachers hätte die Messung als nicht auswertbar betrachtet werden müssen. Durch den Einsatz eines Sandwich-Targets - nachdem Schwefel ein schlechter Wärmeleiter ist, wurde er zwischen zwei Aluminiumschichten eingeschlossen - gehen in die Auswertung die Schichtdickenverhältnisse des Targets ein. Durch die Erhitzung des Targets am Strahlfleck wird Schwefel abgedampft, der am Rand des Strahlflecks teilweise wieder kondensiert. Ändert nun der Strahl seine Position, so ändert sich die Dicke des Targets. Anhand der gewonnenen Zählraten konnte die jeweils aktuelle Dicke ermittelt werden. Diese Leistung des Überwachungssystems war nicht vorgesehen, könnte aber die Bedeutung der durch die Überwachung zusätzlich gewonnenen Daten demonstrieren. Der Einsatz im Experiment PS185 zeigte, dass mit den aus dem

Überwachungsprotokoll entnommenen Daten zu jeder Zeit ein schneller Überblick über die laufende Messung möglich war. Als ein besonderer Vorteil der Zählraten des Überwachungsprotokolls erwiesen sich die auf den Strahl normierten Zähl-ergebnisse. Dies ermöglichte einen Langzeitvergleich, trotz starker Veränderung der Strahlintensität (bis zu 300%).

Im Pionenstreuexperiment am SIN entdeckte das System online z.B. den Ausfall von Magneten und ein Ausfall der Hochspannungsversorgung eines NaJ-Detektors festgestellt. Anhand der übrigen Information war eine schnelle Lokalisierung des Fehlerortes möglich. In dieser Messung wurde auch die Betriebssicherheit unter Beweis gestellt. Das System war 6 Wochen ohne Unterbrechung im Einsatz.

Durch den Einsatz des Analogüberwachers im Riesenresonanzexperiment am KfK konnte die Präzision der Energiemessung der Neutronen verbessert werden. Das Analogüberwachungssystem wird hier zur Detektion einer Änderung des Zeitverhaltens eingesetzt. Weiterhin wurden in diesem Experiment die Spektren der Teilchendetektoren (elastische Linie) überwacht. Dabei wurde mehrmals eine Änderung der Verstärkung entdeckt. Nachdem in diesen Messungen ein komplexer Elektronikaufbau eingesetzt wurde, kann festgestellt werden, dass solche oder ähnliche Messungen unter den gegebenen Zeitbedingungen und mit vertretbarem Aufwand an Personal und Material nur mit einem automatischen Überwachungssystem durchführbar scheinen.

9. Ausblick

Allgemein kann also festgestellt werden, dass der Mikrorechner für die beschriebenen Aufgaben gut geeignet ist, dass allerdings auch stellenweise Grenzen des Systems erreicht werden.

Um diese Grenzen zu umgehen, bieten sich für zukünftige Projekte zwei Lösungsmöglichkeiten an. Erstens sollte das mittlerweile einsatzbereite verteilte PEARL-System für den Z80 Verwendung finden. Zweitens bietet sich die Möglichkeit einen 16-Bit Prozessor, den MC68000 der Firma Motorola mit VME-Bus, einzusetzen.

Für diesen 16-Bit Prozessor, der als einer der leistungsfähigsten in seiner Klasse angesehen wird, ist am RRZE ein PEARL-System kurz vor der Fertigstellung. Durch die mit dem 8-Bit Prozessor gemachten Erfahrungen sollte die Programmiersprache PEARL nicht verlassen werden, da sie sich gut bewährt hat und kaum Wünsche offen lässt. Die Konzeption, mit einem Steckkartensystem zu arbeiten, könnte auch auf den VME-Bus angewendet werden. Damit gelten alle genannten Vorteile in entsprechender Weise.

Die mit einem solchen Prozessorwechsel verbundenen Änderungen bzw. Anpassungen dürften durch die Ähnlichkeit im Buskonzept und die gleiche Programmiersprache auf ein Minimum beschränkt sein. Die Software ist durch die Verwendung von PEARL weitgehend portabel, Anpassungen werden durch den Wechsel der Hardware(-Schnittstellen) erforderlich werden. Die weit höhere Leistungsfähigkeit des MC68000 und der grössere direkt adressierbare Hauptspeicher machen es möglich, mehrere Überwachungsaufgaben auf einem Rechner zu vereinigen. Man sollte an dieser Stelle jedoch nicht übersehen, dass z.B. die bei der Analogüberwachung auftretende Belastung des Prozessors für die Bedienung der ADC's auch einen 16-Bit Prozessor auslasten kann. Deswegen ist es sinnvoller, die Überwachungsaufgaben nicht auf einem einzigen Rechner zusammenzufassen, sondern ein verteiltes System aus mehreren Mikroprozessoren anzustreben. Eine typische Konfiguration eines solchen verteilten Überwachungssystems hätte

im Zentrum als Master z.B. einen 16-Bit Prozessor, der seine Slaves, die bisher verwendeten 8-Bit Prozessoren, versorgt. Dadurch könnte einerseits die jetzt vorliegende und bewährte Hard- und Software weiter eingesetzt werden, andererseits lassen sich mehrere Überwachungsaufgaben zusammenfassen. Die Slaves bearbeiten Aufgaben wie Datenerfassung, Steuerung der Prozessgeräte sowie Komprimierung der Daten und senden die nötigen Daten für die Endauswertung an den Master. Dieser übernimmt die Gesamtsteuerung des Systems. Er versorgt die einzelnen Slaves mit den Aufgaben, wertet die zurückgegebenen Daten endgültig aus und dient als zentrale Prozesswarte für den Experimentator. Mit diesem Konzept würden die Slaves keine Standardperipherie, sondern nur noch die für die jeweilige Aufgabe erforderliche Prozessperipherie benötigen. Die Standardperipherie ist an den Masterprozessor angeschlossen, der ausser mit seinen Slaves auch mit dem Datenaufnahmerechner kommuniziert. Man könnte auch bei dieser Konfiguration die Programmiersprache PEARL weiter beibehalten. Ein verteiltes PEARL-Programmiersystem existiert für den Z80 /FLH083/ und in Kürze auch für den MC68000. Mit dem verteilten Programmiersystem erkaufte man sich leider auch einen Nachteil. Die Systemgrundlast, vor allem das umfangreichere, aber auch leistungsfähigere, Betriebssystem, erhöht sich gegenüber der Monoprozessorversion beträchtlich, sodass pro Rechner "weniger Anwenderprogramm" im Speicher untergebracht werden kann. Als Gegenleistung stellt das verteilte System allerdings Botschaftsoperationen zwischen den Prozessen und nichtdeterministische Kontrolloperationen zur Verfügung, wodurch Programme kompakter formuliert werden können. Wägt man beide Faktoren gegeneinander ab, dürfte es insgesamt zu einem knapp unter der Monoprozessorversion liegenden Umfang der Anwenderprogramme auf einem Prozessor führen. Die bestehenden Programme sind leicht auf eine verteilte Version umzuarbeiten, da sie bereits "verteilt" spezifiziert wurden. Die in der Monoprozessorversion nicht zur Verfügung stehenden Botschaften wurden durch entsprechende Simulationen nachempfunden. Eine Trennung der Aufgaben auf Master oder Slave ist ebenfalls leicht möglich, da sich die einzelnen Komponenten bereits in der

vorliegenden Version widerspiegeln. So bietet sich an, dem Master die Führung des Benutzerdialogs, damit verbunden, das Management des Slaves und die Endauswertung mit Protokollierung aufzutragen und den Slaves die verbleibenden Aufgaben der einzelnen Überwachungsgebiete zu überlassen. Mit einem solchen Aufbau könnten mehrere Überwachungsaufgaben simultan durchgeführt werden. Die damit vorhandenen Möglichkeiten übertreffen die Leistungsfähigkeit eines 16-Bit Monoprozessors. Ergänzend soll hier lediglich darauf hingewiesen werden, dass einer der Slaves oder der Master auch zu Aufgaben aus der (Labor-)Automatisierung herangezogen werden kann.

Der Experimentator bedient das System von einem zentralen, am Master angeschlossenen, Bedienschirm.

Solch eine Konfiguration zeichnet sich auch durch die räumliche Trennung der Aufgaben aus. Dies kommt solchen Anwendungen entgegen, in denen Prozessoren, in einem für den Experimentator nicht zugänglichen, strahlenexponierten Bereich (z.B. bei der Strahlstabilisierung) aufgestellt werden müssen.

10. Literaturverzeichnis

- /BARA84/ R. Baran
Ein Überwachungssystem für Szintillationsdetektoren mit Hilfe eines Z80 PEARL Systems
Diplomarbeit, Erlangen, 1984
- BARN81. P. Barnes, et al
Study of threshold production of $pp \rightarrow YY$ at LEAR
Proposal to CERN PSCC-Committee, Genf, 1981
- /BEMU85/ R. Besold, R.Müller
Spezifikation des Zählratenmonitorsystems
Unveröffentl. Laborbericht, Erlangen, 1984
- /BREN84/ M. Brendle
A microcomputer system for measurement and control
Nuclear Instruments and methods
219 (1984), p. 347 ff
- /FLEI84/ A. Fleischmann
Ein Konzept zur Darstellung und Realisierung von verteilten Prozessautomatisierungssystemen
Dissertation, Erlangen, 1984
- /FLEI84a/ A. Fleischmann
private Mitteilungen
- /FLHO83/ A. Fleischmann, P.Holleczeck, G. Klebes, R. Kummer
Synchronisation und Kommunikation verteilter Automatisierungsprogramme
Angewandte Informatik
7 (1983), p. 290 ff
- /FRAN83/ R. v. Frankenberg
Entwicklung und Test eines triggeraktiven Target-systems
Diplomarbeit, Erlangen, 1985

- /GKS 80/ Deutsches Institut für Normung
 Proposal of standard DIN 006252 Information Processing
 Graphical Kernel System Functional Description
 Description Version 6.2 DIN-NI/UA 5.9/27-80
- /HOHO79/ F. Hofmann, P. Holleczeck
 Prozessrechnereinsatz in der Laborautomatisierung
 GIT-Fachzeitschrift für das Laboratorium
 12 (1979), p. 1103 ff
- /MUEH85/ B. Mühldorfer
 Dissertation, Erlangen, 1985
- /MUEL85/ R. Müller
 Nachführung eines Beschleunigerstrahls mit Hilfe
 eines Mikrocomputers
 Diplomarbeit, Erlangen, 1985
- /ORTN84/ H. W. Ortner
 Eine systematische Untersuchung der Deuteronen-
 streuung an gg-Kernen der sd-Schale mit Hilfe der
 Teilchen-Gamma-Winkelkorrelation bei $E_d = 10$ MeV
 Dissertation, Erlangen, 1984
- /OLZE84/ R. Olszewski et al
 (π , π' , γ) angular correlations in the region of
 the (3,3) resonance
 Particles and nuclei, Tenth International Conference,
 Heidelberg, 1984
- /ORZE85/ J. Orzechowski
 Korrektur von Verstärkungsschwankungen eines NaJ-
 Detektors mit Hilfe eines Mikrocomputers
 Diplomarbeit, Erlangen, 1985

- /SCHN78/ P. Schnupp, C. Floyd
Software: Programmentwicklung und Projektorganisation
Berlin, New York: De Gruyter, 1978
- /SACH79/ M. W. Sachs
The computer in the nuclear science laboratory
Nuclear Instruments and Methods
162 (1979), p. 719 ff
- /SEPP83/ Fa. S.E.P.P.
Graphisches Interaktives Basissystem
Graphikpaket
- /STAR85/ U. Starke
Korrektur von Schwankungen in Zeitzeigen kern-
physikalischer Koinzidenzelektronik mit Hilfe
eines Mikrocomputers
Diplomarbeit, Erlangen, 1985

A. Gliederungsgerüst für eine Spezifikation

I. KOMMUNIKATIONSSTRUKTUR

/* graphische Darstellung der Kommunikationsstruktur
wie in /FLEI84/ in Abschnitt 5.2.7 beschrieben */

II. TYPEN

A) TYPEN VON ABLAUFSTEUERUNGSELEMENTEN

typename MAKROTYP (p1,p2,...,pn)

1. ABLAUFSTEUERUNG:

/* graphische Darstellung wie in /FLEI84/ in Abschnitt 5.2.5.1 beschrieben */

B) TYPEN VON STRUKTURIERUNGSEINHEITEN

typename EINZELPROZESSTYP: (p1,p2,...,pn)

1. KOMMUNIKATIONSMASCHINE:

PUFFER: zahl

PROZESSZEIGERVARIABLE: v1,v2,...,vs

2. ABLAUFSTEUERUNG:

2.1 INKARNATIONEN VON MAKROS:

Makrotypname MAKROTYP (m1,m2,...,mn)

2.2 /* graphische Darstellung wie in /FLEI84/ in Abschnitt 5.2.5.1 beschrieben */

3. BENUTZERMASCHINE:

/* Bei den Punkten 3.1 bis 3.4 werden die Operationen
und Funktionen der Benutzermaschine entsprechend
ihrer Art aufgelistet. */

3.1 AUSGABEFUNKTIONEN: afl,.....,afm

3.2 EINGABEOPERATIONEN: eol,.....,eon

3.3 INTERNE OPERATIONEN: iol,.....,ios

3.4 INTERNE FUNKTIONEN: ifl,.....,ifr

3.5 DEFINITION DER BENUTZERMASCHINE:

/* in einer vom Entwerfer zu wählenden Technik */

4. REALISIERUNG

/* in einer vom Entwerfer zu wählenden Technik */

typename EINZELPROZESSTYP:

.
. .
.

prozessbündeltypename PROZESSBÜNDELTYP:

A. PROZESSE DES PROZESSBÜNDELTYP

typname1 PROZESS (p1,...,pm)

0. PRIORITÄT: zahl

1. KOMMUNIKATIONSMASCHINE:

PUFFER: zahl

PROZESSZEIGERVARIABLE: v1,...,vk

2. ABLAUFSTEUERUNG:

2.1 INKARNATIONEN VON MAKROS:

makrotypename MAKROTYP (m1,m2,...,mn)

2.2 /* graphische Darstellung wie in /FLEI84/ in
Abschnitt 5.2.5.1 beschrieben */

/* siehe Einzelprozesstypen */

3. PRIVATE BENUTZERMASCHINE:

/* Bei den Punkten 3.1 bis 3.4 werden die Operationen und Funktionen der Benutzermaschine entsprechend ihrer Art aufgelistet. */

3.1 AUSGABEFUNKTIONEN: afl,...,afm

3.2 EINGABEOPERATIONEN: eol,...,eon

3.3 INTERNE OPERATIONEN: iol,...,ios

3.4 INTERNE FUNKTIONEN: ifl,...,ifr

3.5 DEFINITION DER BENUTZERMASCHINE:

/* in einer vom Entwerfer zu wählenden Technik */

4. REALISIERUNG

/* in einer vom Entwerfer zu wählenden Technik */

.
.

typename2 PROZESS: (p1,...,pr)

B. GEMEINSAME BENUTZERMASCHINE:

- 1. OPERATIONEN: iol,.....,ios
- 2. FUNKTIONEN: ifl,.....,ifr
- 3. DEFINITION DER BENUTZERMASCHINE:

/* in einer vom Entwerfer zu wählenden Technik */

prozessbündeltypname PROZESSBÜNDELTYP:

.
. .
.

typname PROZESSGRUPPENTYP: (pl,...,pn)

A. PROZESSE:

PROZESS:

0. PRIORITÄT: zahl

1. KOMMUNIKATIONSMASCHINE:

PUFFER: zahl

PROZESSZEIGERVARIABLE: vl,...,vk

2. ABLAUFSTEUERUNG:

2.1 INKARNATIONEN VON MAKROS:

Makrotypname MAKROTYP (ml,m2,...,mn)

2.2 /* graphische Darstellung wie in /FLEI84/ in
Abschnitt 5.2.5.1 beschrieben */

3. PRIVATE BENUTZERMASCHINE:

/* Bei den Punkten 3.1 bis 3.4 werden die Operationen und Funktionen der Benutzermaschine entsprechend ihrer Art aufgelistet. */

3.1 AUSGABEFUNKTIONEN: afl,.....,afm

3.2 EINGABEOPERATIONEN: eol,.....,eon

3.3 INTERNE OPERATIONEN: iol,.....,ios

3.4 INTERNE FUNKTIONEN: ifl,.....,ifr

3.5 DEFINITION DER BENUTZERMASCHINE:

/* in einer vom Entwerfer zu wählenden Technik */

4. REALISIERUNG

/* in einer vom Entwerfer zu wählenden Technik */

PROZESS:

B. GEMEINSAME BENUTZERMASCHINE

1. OPERATIONEN: iol,.....,ios
2. FUNKTIONEN: ifl,.....,ifr
3. DEFINITION DER BENUTZERMASCHINE:

/* in einer vom Entwerfer zu wählenden Technik */

typename PROZESSGRUPPENTYP: (pl,...,pm)

III. ELEMENTE EINES PROZESSSYSTEMS:

1. DEKLARATIONEN VON STRUKTURIERUNGSEINHEITEN:

name EINZELPROZESS (k1,...,kn) TYP typename (pl,...,pn)
 USES Makroname MAKRO (m1,...,mx)
 TYP Makrotypname (q1,...,qx)

/* Jede Inkarnation eines Makrotyps muss in der
 entsprechenden Deklaration des Prozesses vor-
 kommen */

prozessbündeltypename PROZESSBUENDEL:

name PROZESS (k1,...,km) TYP typename (pl,...,pm)
 USES Makroname MAKRO (m1,...,mx)
 TYP Makrotypname (q1,...,qx)

```

/* Jeder Prozess eines Prozessbündeltyps muss in
   der Deklaration eines entsprechenden Prozess-
   bündels vorkommen */

```

```

name PROZESSGRUPPE (k1,...,kl) TYP typename (p1,...,pl)
  USES Makroname MAKRO (m1,...,mx)
      TYP Makrotypname (q1,...,qx)

```

2. DEFINITION WEITERER STRUKTURIERUNGSEINHEITEN

```
name EINZELPROZESS
```

1. KOMMUNIKATIONSMASCHINE:

```
  PUFFER: zahl
```

```
  PROZESSZEIGERVARIABLE: v1,v2,...,vs
```

2. ABLAUFSTEUERUNGEN:

2.1 VERWENDETE MAKROS

2.1.1 DEKLARATIONEN

```
  Makrotypname MAKRO (k1,k2,...,kn)
```

```
  TYP typename (p1,p2,...,pn)
```

2.1.2 LOKALE MAKROS

```
  Makroname MAKRO (p1,p2,...,pm)
```

```
  ABLAUFSTEUERUNG DES MAKROS:
```

```
  /* graphische Darstellung wie in /FLEI84/ in
     Abschnitt 5.2.5.1 beschrieben */

```

2.2 ABLAUFSTEUERUNG DES EINZELPROZESSES:

```
  /* graphische Darstellung wie in /FLEI84/ in Ab-
     schnitt 5.2.5.1 beschrieben */

```

3. BENUTZERMASCHINE:

```

/* Bei den Punkten 3.1 bis 3.4 werden die Opera-
   tionen und Funktionen der Benutzermaschine
   entsprechend ihrer Art aufgelistet. */

```

```
3.1 AUSGABEFUNKTIONEN: afl,...,afm
```

```
3.2 EINGABEOPERATIONEN: eol,...,eon
```

```
3.3 INTERNE OPERATIONEN: iol,...,ios
```

```
3.4 INTERNE FUNKTIONEN: ifl,...,ifr
```

3.5 DEFINITION DER BENUTZERMASCHINE:

```

/* in einer vom Entwerfer zu wählenden Technik */
4. REALISIERUNG
/* in einer vom Entwerfer zu wählenden Technik */

PROZESSBÜNDEL:
A. PROZESSE:
  name PROZESS:
    1. KOMMUNIKATIONSMASCHINE:
      PUFFER: zahl
      PROZESSZEIGERVARIABLE: v1,v2,...,vs
    2. ABLAUFSTEUERUNGEN:
      2.1 VERWENDETE MAKROS
        2.1.1 DEKLARATIONEN
          Makrotypname  MAKRO  (k1,k2,...,kn)
                               TYP typname (p1,p2,...,pn)
        2.1.2 LOKALE MAKROS
          Makroname MAKRO (p1,p2,...,pm)
          ABLAUFSTEUERUNG DES MAKROS:
            /* graphische Darstellung wie in /FLEI84/
               in Abschnitt 5.2.5.1 beschrieben */
        2.2 ABLAUFSTEUERUNG DES PROZESSES:
          /* graphische Darstellung wie in /FLEI84/ in
             Abschnitt 5.2.5.1 beschrieben */
    3. BENUTZERMASCHINE:
      /* Bei den Punkten 3.1 bis 3.4 werden die
         Operationen und Funktionen der Benutzer-
         maschine entsprechend ihrer Art aufge-
         listet. *
      3.1 AUSGABEFUNKTIONEN:      afl,...,afm
      3.2 EINGABEOPERATIONEN:     eol,...,eon
      3.3 INTERNE OPERATIONEN:    iol,...,ios
      3.4 INTERNE FUNKTIONEN:     ifl,...,ifr
      3.5 DEFINITION DER BENUTZERMASCHINE:
        /* in einer vom Entwerfer zu wählenden Technik */
4. REALISIERUNG
/* in einer vom Entwerfer zu wählenden Technik */

```

B. GEMEINSAME BENUTZERMASCHINE:

1. OPERATIONEN: iol,.....,ios

2. FUNKTIONEN: ifl,.....,ifr

3. DEFINITION DER BENUTZERMASCHINE:

/* in einer vom Entwerfer zu wählenden Technik */

name PROZESSGRUPPE:

A. PROZESSE:

PROZESS:

1. KOMMUNIKATIONSMASCHINE:

PUFFER: zahl

PROZESSZEIGERVARIABLE: v1,v2,...,vs

2. ABLAUFSTEUERUNGEN:

2.1 VERWENDETE MARKOS

2.1.1 DEKLARATIONEN

Makrotypname MAKRO (k1,k2,...,kn)

TYP typname (p1,p2,...,pn)

2.1.2 LOKALE MAKROS

Makroname MAKRO (p1,p2,...,pm)

ABLAUFSTEUERUNG DES MAKROS:

/* graphische Darstellung wie in /FLEI84/
in Abschnitt 5.2.5.1 beschrieben */

2.2 ABLAUFSTEUERUNG DES PROZESSES:

/* graphische Darstellung wie in /FLEI84/ in
Abschnitt 5.2.5.1 beschrieben */

3. BENUTZERMASCHINE:

/* Bei den Punkten 3.1 bis 3.4 werden die
Operationen und Funktionen der Benutzer-
maschine entsprechend ihrer Art aufge-
listet. */

3.1 AUSGABEFUNKTIONEN: afl,.....,afm

3.2 EINGABEOPERATIONEN: eol,.....,eon

3.3 INTERNE OPERATIONEN: iol,.....,ios

3.4 INTERNE FUNKTIONEN: ifl,.....,ifr

3.5 DEFINITION DER BENUTZERMASCHINE:

/* in einer vom Entwerfer zu wählenden Technik */

4. REALISIERUNG

/* in einer vom Entwerfer zu wählenden Technik */

PROZESS:

B. GEMEINSAME BENUTZERMASCHINE:

1. OPERATIONEN: iol,.....,ios

2. FUNKTIONEN: ifl,.....,ifr

3. DEFINITION DER BENUTZERMASCHINE:

/* in einer vom Entwerfer zu wählenden Technik */

.
.
.

IV. IMPLEMENTATION DES PROZESSSYSTEMS:

/* In diesem Punkt beschreibt der Entwerfer die
Implementation von Nachrichten und/oder Operatio-
nen und Funktionen der einzelnen Elemente des Pro-
zesssystems in einer frei wählbaren Technik */

B. Neuentwicklungen der Prozesshardware

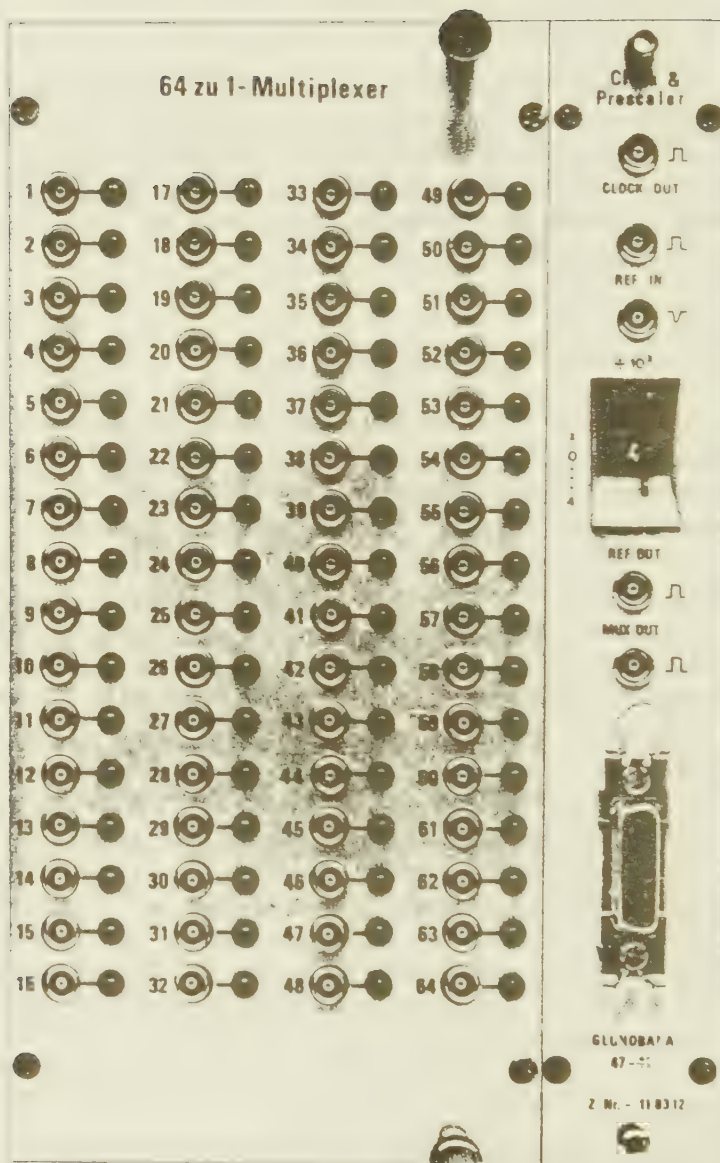
Um die Funktionen der Überwachungskomponenten realisieren zu können, waren an einzelnen Stellen Neuentwicklungen auf dem Sektor der Prozesshardware nötig. Neuentwicklungen wurden dann als unumgänglich erachtet, wenn solche Geräte nicht zu kaufen waren oder die Anpassung käuflicher Geräte erheblichen Aufwand bedeutet hätte.

B.1. Neue Geräte für den Zählratenmonitor

Um die Funktionen des in Kap. 4. beschriebenen Zählratenüberwachers realisieren zu können, waren drei Neuentwicklungen nötig.

- Eine Platine mit vier Zählerbausteinen vom Typ Z80-CTC, ausgeführt in dem für den ECB-Bus üblichen Einfacheuropakartenformat. Auf der Platine ist eine vollständige Busdekodierung des ECB-Busses enthalten. Die Karte ist in der Lage, den Interruptmodus 2 des Z80-Prozessors zu bedienen. Einer der Gründe für die Neuentwicklung dieser Karte war die Eingangsstufe der Zähleinheiten. Diese Eingänge können im Gegensatz zu handelsüblichen Karten Pegel der NIM-Spezifikation *) verarbeiten. Um den Zielexperimenten weitgehend angepasst zu sein, und möglichst wenig zusätzliche Elektronik zur Überwachung zu benötigen, hat jede Karte eine allen vier Zähleingängen gemeinsame Koinzidenzstufe. Der zeitliche Überlapp der beiden Signale ist für den Nanosekundenbereich ausgelegt.

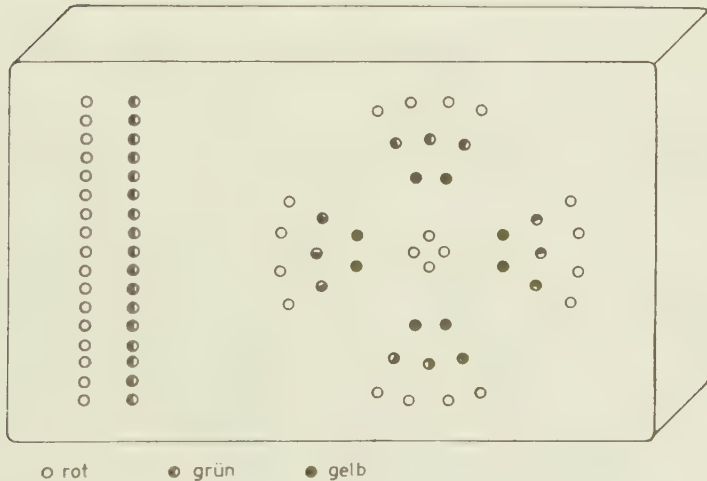
*) Unter NIM-Pegeln werden in dieser Arbeit schnelle negative Logiksignale verstanden, die aus denen der ECL-Logik abgeleitet sind. Der Unterschied liegt in einer Verschiebung der Pegel um +0.8 V.



Figur B-1: 64 zu 1 Multiplexer

- Zwei 64 zu 1 Multiplexer (siehe Figur B-1).

Dieses Gerät ist in eine Kassette der NIM-Familie eingebaut, um es an einer zentralen Stelle der Elektronik platzieren zu können, und so die (64) Verbindungskabel kurz zu halten. Der Multiplexer verarbeitet an seinen Eingängen NIM-Pegel bzw. stellt diese an den Ausgängen zur Verfügung. In das Gerät integriert ist das in Figur 4-1 dargestellte Gate für den Mess- und Referenzzähler. Für die Referenz ist ein Prescaler einsetzbar, dessen Umsetzungsfaktor zwischen 1 und 10000 an einem Vorwahlschalter eingestellt werden kann. Die Referenz kann als einziger Eingang auch TTL-Signale verarbeiten. Für Testzwecke stellt der Multiplexer an einem Ausgang ein 1 MHz-Signal zur Verfügung. Die Rechnersteuerung ist durch 7 TTL-Pegel einer Digitalausgabe realisiert. Dabei werden 6 Leitungen für die Anwahl der Eingänge benutzt und die 7. Leitung steuert die Gatefunktion.



Figur B-2: Beamdisplay für das Experiment PS185

- Ein dem Experiment PS185 angepasstes Beamdisplay (siehe Figur B-2). Das Beamdisplay kann mit den zwei 16-elementigen Leuchtdiodenketten zwei beliebige Zählraten analog einem Ratemeter anzeigen. Weiterhin ist es in der Lage, für jedes Viertel der S2-Detektoren (siehe Kap. 4.3.) in vier Stufen die entsprechende Zählrate darzustellen. Das Display wird vom Rechner mit 16 TTL-Pegeln einer Digitalausgabe angesteuert. Dabei wird pro Ledzeile mit 4 Bits und pro Viertel mit 2 Bits gearbeitet. Das Display ist mit einem eigenen Netzteil versehen und kann an beliebiger Stelle in der Experimentierzone aufgestellt werden.

B.2. Neuentwicklungen für den Analogüberwacher

Für die Analogüberwachung wurden folgende Geräte neu entwickelt:

- Einen dynamischen ADC.

Zur Aufnahme der Analogdaten muss der Rechner die Funktion eines Vielkanalanalysators übernehmen. Um eine Vielkanal-emulation realisieren zu können, muss der Rechner über einen dynamischen ADC verfügen. In dem verwendeten ECB-karten-System werden ADC's angeboten, die einerseits von aussen ein Startsignal für die Konversion fordern, und andererseits verlangen, dass das Eingangssignal zumindest für die Zeit der Konversion stabil ist. Um nun die aus der Elektronik kommenden Impulse (typisch einige Mikrosek. lang) verarbeiten zu können, wurde der ADC (30us, bei 10 Bit Auflösung) um einen sog. Peakdetektor ergänzt. Der Peakdetektor ist eine Schaltung, die einen aus der Elektronik ankommenden Analogimpuls in eine Abtast- und Haltestufe übernimmt, die max. Amplitude dieses Impulses speichert und auf der abfallenden Flanke des Eingangspulses die Konversion des ADC's startet. Dieser meldet sich - für

Realzeitanwendung erforderlich - interruptgesteuert mit dem Konversionsergebnis beim Prozessor. Dieser ADC kann von PEARL-Sprachebene aus über zwei Treiberbausteine angesprochen werden. Eine Version liefert dem Programm die Höhe des Eingangspulses, die andere sortiert den konvertierten Impuls nach seiner Höhe in ein Datenfeld ein.

- Einen 8 zu 1 Multiplexer.

Um 8 Spektren aufnehmen zu können, schaltet dieses Gerät jeweils einen digitalen Eingang (Totzeitkorrektur) und den zugehörigen analogen Eingang auf die Ausgänge. Es ist in eine NIM-Kassette eingebaut. Die Analogseite wird über Relais geschaltet, die Digitalseite mit einem TTL-IC. Der Multiplexer wird über 4 Bits einer Digitalausgabe von einem Rechner angesteuert. In drei Bits steht binär codiert die Messstelle, das verbleibende Bit erfüllt die Gatefunktion, um ein gleichzeitiges Zuschalten der Digital- und Analogsignale zu gewährleisten.

B.3. Neuentwicklungen für die Zeitüberwachung

Für die in Kap. 6.1. beschriebenen Aufgaben war folgende Neuentwicklung nötig:

- Ein programmierbares Delay

Dieses Gerät ist in eine Kassette der NIM-Familie eingebaut. Das Delay arbeitet mit den NIM-Pegeln. Am Eingang bekommt es von der Elektronik einen Impuls, der am ersten Ausgang ohne Verzögerung wieder erscheint. Der Eingangsimpuls wird in eine Delaykette verzweigt und erscheint am zweiten Ausgang um eine Zeit zwischen 0 s und 31,875 ps verzögert an. Der feinste Verzögerungsschritt beträgt also 125ps. Die Verzögerungszeit wird vom Rechner über 8 TTL-Pegel binär codiert angewählt.

STICHWORTVERZEICHNIS

A

Ablaufsteuerung, 25
absolute Zählrate, 36
ADC, 12
Änderung
 der Schwellen, 7
 der Verstärkung, 7, 49
 des Zeitverhaltens, 7, 49
Analogüberwachung, 49
Antiprotonenstrahl, 45, 78
Asymmetrie, 76
Ausgabefunktion, 25
Automatisierung, 64

B

Beamdisplay, 48, 101
Benutzermaschine, 25
Botschaften, 24

C

CERN, 45
CTC, 27

D

Datenaufnahmerechner, 12, 38, 45, 58
Detektoren, 4, 42, 49, 60
Diskriminatoren, 4

E

ECB, 19
ECB-Bus, 99
Eingabeoperation, 25
Einzelprozess, 24

F

Fehlerbedingungen, 37
Fehlerreaktion, 50
Freier Zähler, 38

G

Grenzen des Systems, 79
GRIBS, 22

I

intelligente Messwerkzeuge, 80
Intensitätsprofil, 69
interne Funktion, 25
interne Operation, 25

4

K

KfK, 55
Koinzidenzeinheiten, 4
Kommunikationsmaschine, 25
Kommunikationsdiagramm, 39, 51, 52
Kommunikationsstruktur, 25
Kopplung, 12, 38, 51
Kurzzeitzähler, 33

L

Langzeitzähler, 33
Lastabhängige Zählratenverluste, 7, 49
LEAR, 45, 72
LEAR-Strahlprofil, 72
Leuchtdiode, 60

M

Makro, 29
Master, 85
Mastergate, 50
Mastergatefunktion, 54
MC68000, 85
Multiplexer
 64 zu 1, 33, 101
 8 zu 1, 103

N

Nachrichten, 24
NaJ-Detektor, 53
natürliche Impulse, 31, 49
nichtdeterministische Kontrollstrukturen, 87
normierte Zählrate, 36

P

Parametersatz, 41
Peakdetektor, 102
PEARL, 21, 81
PEARL-Programmiersystem
 verteilt, 85
Predialog, 50, 58
programmierbares Delay, 103
Prozess, 24
Prozessbündel, 24, 51
Prozessgruppe, 24, 27

Prozessor

16-Bit, 85

8-Bit, 79

Prozesszeigervariable, 26

PS185, 45

Q

Qualitätskostenerfassung, 4

Qualitätsprüfung, 4

Qualitätssicherung, 4

Qualitätswesen, 4

R

Regelung, 58

S

SIN, 53

Slave, 85

Spezifikationskonzepte, 23

Stichprobe, 33

Strahlposition, 76

Strahlstabilisierung, 76

Strukturierungseinheiten, 24

Superzyklus, 4, 35, 41

Superzyklusintervall, 36

T

Targetscan, 72

TDC, 7

Testimpulse, 7, 31, 57, 59, 60

Testimpulseinspeisung, 9, 59

Testparameter, 50

Testverfahren, 9, 10, 57, 60

TPC, 7, 57

U

Überwachung, 3, 31, 49, 57
Unterzyklen, 4, 41

V

Verstärker, 4
vielkanalanalysator, 64, 102
VME-Bus, 85

W

Wobbler, 65, 68

Z

Zeitscan, 75
Zeitverschiebung, 55
Zeitweige, 57
Zählerreihenfolge, 41
Zählratenmonitorsystem, 33
Zählratenüberwacher, 31

Ich danke Herrn Professor Dr. A. Hofmann für die Anregung zu dieser interessanten Arbeit und sein stetes Interesse an ihrem Fortgang.

Bei Herrn Prof. Dr. F. Hofmann bedanke ich mich für die Erstellung des Zweitgutachtens.

Weiterhin möchte ich mich bei Herrn Dr. P. Holleczeck für die vielen Diskussionen bedanken.

Mein besonderer Dank gilt Herrn Dr. H. W. Ortner für die vielen wertvollen Anregungen und Diskussionen.

Bei Herrn Dipl. Phys. M. Trautner möchte ich für seine unermüdliche Mithilfe bei der Inbetriebnahme des Z80-PEARL-Systems bedanken.

Ausserdem möchte ich mich bei allen Mitgliedern der Gruppe Hofmann, besonders bei den Datenarbeitern, für ihre tatkräftige Unterstützung bei der Realisierung der Soft- und Hardware bedanken.

Lebenslauf

Name: Rainer Besold

Geburtsdatum: 1. Januar 1955

Geburtsort: Nürnberg

Eltern: Konrad Besold, Fuhrunternehmer
Elisabeth Besold, geb. Hierl

Familienstand: ledig

Schulen: 1961 - 1965 Volksschule Fürth
1965 - 1974 Hardenberg Gymnasium Fürth
Abitur: 22.6.1974
1975 - 1981 Studium der Physik an der
Universität Erlangen-Nürnberg
Diplom: 15.5.1981

Stellung: seit 6.1981 wissenschaftlicher Mitarbeiter
am Physikalischen Institut der
Universität Erlangen-Nürnberg

